



Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

- + *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
- + *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
- + *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
- + *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

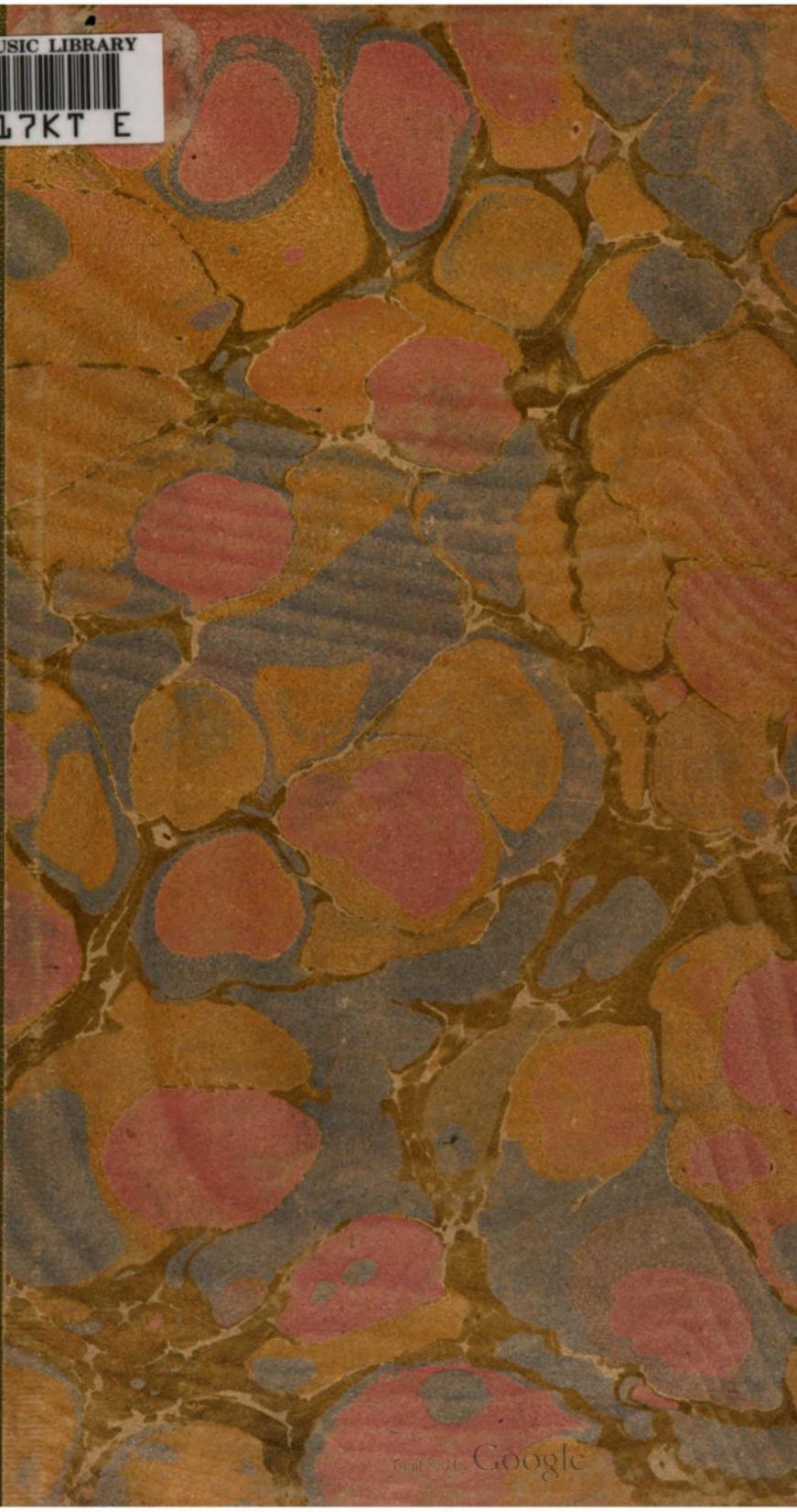
Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter <http://books.google.com> durchsuchen.

LOEB MUSIC LIBRARY



ML 17KT E



Mus 99.705



Harvard College Library

FROM

Rev. C. S. Hutchins

Concord, Mass.

THIS BOOK IS FOR USE
WITHIN THE LIBRARY ONLY

MUSIC LIBRARY

DUE DATE

TERM

~~SEP 02 1997~~

**THIS BOOK IS FOR USE
WITHIN THE LIBRARY ONLY**

**THIS BOOK IS FOR USE
WITHIN THE LIBRARY ONLY**

201-6503

Printed
in USA

Pohl, Richard.

Acoustische Briefe

Leipzig

1853.

HARVARD
UNIVERSITY
LIBRARY

0

Akustische Briefe

für

Musiker und Musikfreunde.

Eine populäre Darstellung
der
Musik
als Naturwissenschaft
in Beziehung zur
Kunst.

Von
Richard Pohl.

Leipzig, 1853.
Verlag von Bruno Hinze.

Nur Verständigung.

Sans franc-penser en l'exercice des lettres
Il n'y a ni lettres, ni sciences, ni esprit ni rien.
Ciccolini.

Je reichhaltiger die Literatur mit populären Darstellungen aus fast allen Zweigen des Naturwissens versehen ist, desto merkwürdiger ist der Mangel an wirklich populärer Behandlung der eigentlichen Physik, oder abgeschlossener Theile derselben. Die physikalischen Lehrbücher, welche in fast ununterbrochener Reihe erscheinen, beweisen durch ihre Anzahl das Verlangen des Publikums nach physikalischen Kenntnissen, können aber demselben nur theilweise entsprechen, da sie meist rein wissenschaftliche oder pädagogische Zwecke verfolgen, ohne mit der Belehrung auch die Unterhaltung verbinden zu wollen.

Leitfaden für Schulen und Vorlesungen sowie Compendien zum Selbstunterricht sind aber keine populären Vorträge, wie sie das allgemeine Publikum verlangt und in anderen Fächern durch anerkannte Meister

schon besitzt. Unternehmungen wie Arago's „Unterhaltungen“ und Brockhaus „Unterhaltende Belehrungen“ sorgen zwar für den Einblick in abgetrennte Capitel aus der Physik, können und wollen aber damit keine allgemeine Uebersicht des Ganzen erreichen. Euler's „physikalische Briefe“ entsprechen endlich den Anforderungen der Gegenwart zu wenig, selbst mit Berücksichtigung der Nachträge von Müller.

Derartige Betrachtungen, welche durch Erfahrungen bestätigt wurden, die der Verfasser in gebildeten und nach Belehrung verlangenden Kreisen machte, sowie die Aufforderung des Redacteurs der „Neuen Zeitschrift für Musik“, Dr. F. Brendel, eine populäre Behandlung der Akustik in seiner Zeitschrift zu unternehmen, waren die nächsten Veranlassungen zur Entstehung der akustischen Briefe, welche der Verfasser hiermit den größeren Publikum vorlegt.

Weit entfernt von der Anmaßung, durch diesen Versuch einer populären Akustik die Aufgabe gelöst oder dem vorhandenen Mangel durchaus abgeholfen zu haben, nimmt der Verfasser nur das geringe Verdienst für sich in Anspruch, auf die bestehende Lücke aufmerksam gemacht und somit indirekt zur Ausfüllung derselben beigetragen zu haben, soweit es seine Kräfte gestatteten.

Die vorliegenden Briefe, sind nur erst Bruchstücke eines Ganzen, welches dem Verfasser als letztes Ziel vorschwebt. Der Standpunkt, den er festzuhalten, sowie der Zweck, den er zu erreichen suchte, ist im ersten Briefe näher bezeichnet. Man wird daraus ersehen, daß ihm eine Zusammenstellung des vorhandenen Thatfachenmaterials nicht die einzige, sondern ein Festhalten des innern Zusammenhangs der Erscheinungen die höhere Aufgabe war. Dadurch allein ist die Einleitung, welche in den ersten vier Briefen gegeben wird, zu rechtfertigen, die für eine einseitige thatsächliche Betrachtungsweise zu breit angelegt wäre.

Auf der unerschütterlichen Basis der allgemeinen mechanischen Grundprincipien ruht die gesammte Erscheinungswelt, soweit sie in das Gebiet der Naturwissenschaft gehört, folglich kann eine naturgemäße Entwicklung der physikalischen Thatfachen auch nur von dieser Basis ausgehen. Ist es dem Verfasser vergönnt, so hofft er später die Wärmelehre sowie die Lehre vom Licht und von der Electricität in gleicher Weise, wie hier die Akustik zu behandeln, und auf diese Art die Haupttheile der Physik nach und nach dem gebildeten Publikum zugänglicher zu machen.

Obgleich ein Hauptzweck dieser Briefe ist, dem Musiker und Musikfreunde belehrend zur Seite zu stehen, so sind sie doch keineswegs für ein einseitig

musikalisches, sondern für ein allgemein gebildetes Publikum bestimmt, welches an den Resultaten der Wissenschaft Interesse findet, und dem ein Einblick in die Natur überhaupt Wunsch und Bedürfnis ist. Der Begriff der Akustik ist in seiner weitesten Bedeutung gefaßt, in welcher das rein Musikalische zwar einen wesentlichen, aber nur integrierenden Theil eines größeren Ganzen bildet.

Schon eine oberflächliche Vergleichung gegenwärtiger Briefe mit den, in der „Neuen Zeitschrift für Musik“ veröffentlichten, zeigt, daß die Anzahl der Briefe nicht nur vermehrt, sondern die erschienenen Briefe auch durchaus revidirt, theilweise verändert und mit neuen Anmerkungen versehen wurden.

Wir sind im Gebiet der Physik in Besitz eines so reichen Materials, daß es in vielen Fällen nur der Zusammenfassung der Beobachtungen und Thatsachen bedarf, um darauf erfolgreich weiter bauen zu können. Dem größeren Leserkreise und namentlich den Musikern mangelt aber theils Zeit, theils Gelegenheit, um die vorhandenen Quellen benutzen zu können. Eine Anregung zum tieferen Quellenstudium zu geben, und den Weg dazu anzudeuten, ist der Zweck der Anmerkungen zu den Briefen.

Sie geben aber zugleich gewissenhaftes Zeugniß davon, daß und wo der Verfasser nicht aus eigenen Mitteln schöpfte, sondern sich an Fremdes anlehnte.

So wenig seine Arbeit auf Vollständigkeit Anspruch macht, so wenig beansprucht sie einen Werth, der sich auf neue Untersuchungen, originelle Anschauungen oder eigenthümlichen Theorien gründen könnte. Die Briefe sollen nur zusammenfassen, was zerstreut war, wollen eine Verbindung des Getrennten anzubahnen suchen, und nur combinirend, nicht selbstschöpferisch verfahren. Letzteres zu versuchen, wäre ebenso anmaßend als gewagt bei einer Arbeit, die lediglich zur ersten Orientirung und allgemeinen Vorbereitung dienen soll. Um Neues nach Werth und Gehalt prüfen und beurtheilen zu können, muß man das Vorhandene erst kennen.

Dies ist um so nöthiger in einer Zeit, welche den musikalischen Grundprincipien eine auffallend rege Aufmerksamkeit und Thätigkeit widmet. In der kurzen Zeit in welcher die ersten acht akustischen Briefe verfaßt wurden, erschienen nicht weniger als fünf nennenswerthe Abhandlungen, welche der allgemeinen Theorie der Musik gewidmet sind. Außer Kraushaar's, Wöltje's und Stehlin's Schriften, mußten besonders die Arbeiten von Drobisch und Opelt die lebhafteste Theilnahme des Verfassers in Anspruch nehmen, da namentlich Opelt's Theorie das in abgerundeter und klarster Weise darstellt, was der Verfasser in seinen späteren Briefen auszuführen gedachte. Deshalb konnte er auch hier nur reprodu-

tirend verfahren und durfte um so eher unterlassen, seine Ansichten geltend zu machen, als Opelt's Theorie eine bereits gereifte und in sich fertige ist.

Die eigenthümlichen Schwierigkeiten einer populären Darstellung: vollkommen deutlich zu sein, ohne breit zu werden; das richtige Maß des zu Gebenden zu finden, ohne Wesentliches zu vernachlässigen, und ohne in die Detailkenntniß zu tief einzugehen, sind schon des Versuchs einer Lösung werth, auch wenn man auf Originalität verzichten muß. Allerdings sind die Begriffe von Popularität je nach dem eingenommenen Standpunkt verschieden. Eine glückliche Zusammenstellung und Verbindung einzelner concreter Fälle könnte schon ausreichend erscheinen, da sie den doppelten Vortheil bietet, in unterhaltender Form das Abstrakte nicht nur zugänglicher, sondern auch leichter begreiflich zu machen.

Das Ideal einer populären Behandlung der Wissenschaft ist demnach nicht ohne Erfolg in einer Reihe von Erzählungen oder Bildern gesucht worden. Durch diese mehr poetische als wissenschaftliche Auffassung wird man aber nie dahin gelangen können, das Gebiet einer Wissenschaft thatsächlich zu überschauen oder nur einigermaßen gründlich zu behandeln. Man geräth aus der Scylla trodner Entwicklungen zu leicht in die Charybdis eerer Tändelei und dichterischer Wortfülle. Diese ist

ohnehin eine Zeitkrankheit, die sich von dem Gebiet der schönen Literatur auf das der Naturwissenschaften auszubreiten sucht. Es ist Modesache geworden, mit der Natur zu kokettiren, und darin eine neue Unterhaltung zu finden, die auf wohlfeile Weise zugleich den Schein von Wissenschaftlichkeit verleiht.

Von dieser Verirrung sich frei zu erhalten, war ein Bestreben des Verfassers, wodurch er vielleicht manchen Leser enttäuschen oder abschrecken dürfte, der, dem Titel „populär“ zu Folge, ganz andere Erwartungen hegte.

Abgesehen davon ist aber der Verfasser der Schwächen und Mängel dieses ersten Versuches sich vollkommen klar bewußt, und weiß, wie Viel er der Theilnahme des allgemein gebildeten, und der Rücksicht des wissenschaftlichen Publikums verdankt, wenn seine Arbeit überhaupt Eingang findet und eine milde Beurtheilung erfährt.

Dresden, im Februar 1853.

Richard Pohl.

Verbesserungen.

Seite	Zeile	v. D. statt:	durfte	soll es heißen:	dürfte
— 15	-- 1	v. D.	unermessbarer	—	unermessbarer
— 20	— 16	v. D.	oder	—	der
1 — 22	— 15	v. D.	wie	—	in welcher
— 25	— 5 u. 8	v. D.	Individuum	—	Individuum
— 32	— 3	v. D.	der	—	des
— 34	— 18	v. D.	fordert	—	sondert
— 41	— 16	v. U.	Kosmos	—	Kosmos
— 52	— 13	v. U.	gleich	—	gleich
— 54	— 2	v. U.	wirkt	—	rückt
— 64	— 3	v. D.	schnelle	—	schneller
— 65	— 6	v. D.	wenig erelastisch	—	weniger elasti- sch
— 71	— 8	v. D.	man	—	er
— 83	— 18	v. D.	Tönen	—	Töne
— 87	— 1	v. D.	werten	—	würden
— 90	—	Anmerk.	Odysse	—	Odyssee
— 91	— 16	v. D.	erhobenen	—	erhabenen
— 93	— 1	v. D.	welchem	—	welcher
— 105	— 10	v. D.	leichtesten	—	leichteste
— 113	— 19	v. D.	mehrseitige	—	mehrfältige,

Erster Brief.

Einleitende Betrachtungen. Standpunkt und Aufgabe der akustischen Briefe.

Das Auffuchen der Gesetze in den Naturerscheinungen hat für den Forscher seinen Zweck und seinen Werth schon in sich selbst — und ein eigenthümlicher Zauber umgiebt das Erkennen von Maaf und Harmonie im anscheinend ganz Regellosen. —

G a u ß.

Wir stehen inmitten einer Fülle von Erscheinungen des Natur- und Geisteslebens, deren unendliche Mannigfaltigkeit wir eben so wenig überschauen können, als wir vermögen, den letzten Grund dieser Erscheinungen zu erforschen. Ein eng gezogener Horizont beschränkt unsern Blick, der immer nur auf einen Punkt gerichtet sein kann. Je höher der Mensch steht, desto weiter dehnt sich der Horizont aus; je geübter der Blick, desto rascher und sicherer sein Urtheil — aber die ewig wechselnden Gestalten ziehen noch schneller vorüber, und Keiner sieht, woher sie kommen, noch wohin sie gehen.

Darum muß sich der Menschenggeist an das Einzelne halten, um das Ganze begreifen zu lernen —

er muß trennen, um verbinden zu können. Er prüft die einzelne Erscheinung und forscht nach Verwandtem. Eine Mannigfaltigkeit ähnlicher Erscheinungen faßt er zusammen und sucht nach dem Gesetz, dem sie gemeinsam unterworfen sind. Wohl wissend, daß in der Natur Nichts Willkür, Nichts Zufall ist — weiß er a priori, daß ein Gesetz vorhanden sein muß.

Gelingt es ihm, einen vernunftgemäßen Zusammenhang zu finden, so prüft er das, was zunächst nur Hypothese ist, an der Erfahrung. Er ruft die Erscheinungen im Kleinen willkürlich hervor, er experimentirt, und der Erfolg muß lehren, ob er Ursache und Wirkung richtig erkannte und verknüpfte. So wird er nach und nach Herr des Einzelnen, so weit es zur sinnlichen Erscheinung gelangt — und damit ist der Anker geworfen in das unendliche Gestaltenmeer, bei dessen unergründlicher Tiefe es aber wohl nie gelingen wird, den Grund zu fassen. Darnach forscht auch der Physiker nicht. Er begnügt sich, ein Gesetz gefunden, eine Erscheinung nach Zeit und Raum gemessen und eine Thatsache mathematisch begründet zu haben. Das Forschen nach Grund und Zusammenhang überläßt er dem Metaphysiker, der, im höchsten Sinne als Steueremann und Lootse berufen, jetzt noch auf seinem Gedankenschifflein einsam umher treibt und kaum weiß, wo er sein Senkblei zunächst auswerfen soll.

Die Theilung der Arbeit, die Analyse ist das Charakteristische unserer Zeit, soweit sie sich mit der Materie beschäftigt. Die Kritik ist das Zeichen unserer Zeit auf intellectueller Gebiete. Der Eintritt einer kritischen Periode beweist, daß die Production im Abnehmen begriffen, daß der Culminationspunkt überschritten sei und daß sich eine neue Zeit durch die Kritik vorbereiten, abklären und gestalten will. Ein Zeitalter der Analyse schließt ebenso

naturgemäß die Synthese aus, die als Folge der analytischen Bestrebungen erst in einer spätern Periode wieder zur Geltung kommen kann. Ein Jahrhundert endlich, das die Theilung der Arbeit im Materiellen und Intellectuellen anerkennt, kann die Universalität weder fordern, noch gestatten, selbst wenn diese sich bei der unendlichen Detailarbeit und Detailkenntniß nicht von selbst verbieten würde. Darum gehören die epochemachenden Productionen, die Synthese und die Polyhistoren, einer vergangenen und zukünftigen Zeit an.

In der That wirft sich in der Wissenschaft jetzt nicht nur Jeder auf ein besonderes Fach, sondern auf einen speciellen Punkt dieses Faches, arbeitet consequent auf diesen hin, sammelt Material und trägt Erfahrungen zusammen, unbekümmert darum, wer sie verbindet und wie sie verbunden werden. Männer desselben Faches können daher ungehindert neben einander bestehen, ohne nothwendig sich begegnen, fördern oder hemmen zu müssen. So wird in einem Bergwerk Schacht auf Schacht, Stollen auf Stollen getrieben, ohne daß ein Arbeiter vom Andern mehr weiß, als daß er denselben Zweck hat, Material zu Tage zu fördern, welches fernern Zwecken dienen soll, die ihm selbst noch unbekannt sind. Wohl geschieht es, daß die Stollen zusammentreffen und die Arbeiter sich begegnen. Dann rufen sie ein fröhliches „Glückauf“ und suchen gemeinsam weiter.

Das ist allerdings auch der einzige Weg, die Schätze der Natur zu heben, ihr Wesen erkennen, ihre Kräfte beherrschen zu lernen, so weit überhaupt die Natur sich bewältigen läßt. Man kann aber auch hierin zu weit gehen. Wenn man immer nur theilt, ohne zu verbinden, wenn man immer nur sammelt, ohne zu bauen, dann wächst das Detail in's Unübersichtbare und zuletzt würde kein Geist mehr mächtig genug sein, diese Sandkörner der ewigen Wahrheit zu einem festen Gebäude zu vereinigen. Mephisto

Charakteristket und ironisirt das Streben der Jetztzeit so treffend mit den Worten, die er dem staunenden Schüler einprägt:

Wer will was Lebendig's erkennen und beschreiben,
Sucht erst den Geist herauszutreiben,
Dann hat er die Theile in seiner Hand,
Fehlt leider! nur das geistige Band.
Encheiresin naturae nennt's die Chemie,
Spottet ihrer selbst und weiß nicht wie.

Dennoch lebt in jedem Menschen der Drang zum Verbinden und Schließen; das Bedürfnis, den Grund der Erscheinungen zu erfahren, die uns nahe treten oder die wir selbst hervorbringen.

Hat nicht jedem denkenden Menschen die Frage nach dem belebenden Princip, nach dem letzten Grund der Dinge ein Mal beschäftigt? Natur und Geist, innere und äußere Welt sind auch nimmer zu trennen. Beide empfangend und bildend, Beide sich auf einander beziehend, sich wechselseitig durchdringend, kommen niemals vereinzelt zur Erscheinung.

Die Schritte, welche die Naturphilosophie, in Anerkennung dieser Wahrheit, wiederholt that, um mit den Erfahrungswissenschaften Hand in Hand zu gehen, verunglückten bisher, hauptsächlich an der überreichen Phantasiefülle der Dichterphilosophen. Es entspann sich ein harter Kampf um die Palme des Ruhmes der Erkenntnis, aus dem die inductive Wissenschaft als Sieger hervorging. Seitdem ward „Erfahrung“ das Feldgeschrei und wird es immer bleiben. Aber schon fängt eine neue Annäherung der inductiven und deductiven Wissenschaft an, sich vorzubereiten, und dies Mal geht sie von der ersteren aus. Einzelne Stimmen, und zwar die der Koryphäen in Physik und Physiologie, dringen energisch vorwärts, um den Erfahrungsweg der Speculation näher zu bringen und ein gemeinsames Wirken anzubahnen. Dersteht vor Allen

durchbrach von Neuem die Schranke der Vorurtheile mit seinem „Geist in der Natur“. Dadurch, daß der Meister der Erfahrungswissenschaft die Speculation zu sich herüber zog, ward dieser Schritt, der vielleicht sonst ein vergeblicher gewesen wäre, epochemachend. Gleichzeitig rücken die Physiologen, namentlich die Nervenphysiologen, der Psychologie näher und näher. Bemerkenswerth ist hier ein Ausspruch, den einer unserer ersten und geistreichsten Physiologen der Gegenwart, Rudolph Wagner in Göttingen, vor Kurzem in seinen „Physiologischen Briefen“ *) gethan hat: „Die Psychologie kann in gewisser Hinsicht gar nicht materialistisch genug werden. Als Zweig der Naturforschung, was freilich nur ihre eine Seite ist, wird sie auf streng physiologischen Grundlagen allein weiter fortschreiten können. — — Wenn man es vermöchte, eine graphische Darstellung des Gehirns und der mechanischen Verbindung aller seiner feineren anatomischen Elemente darzulegen und damit eine Nachweisung von der physikalischen Wirkung und Gegenwirkung zu verbinden, würde man dem, menschlicher Weisheit überhaupt zugänglichen Theil der Psychologie mehr Vorschub leisten, als alle Denker von Plato und Aristoteles bis auf Herbart und seine Schüler.“

Diese Stimmen sind aber erst von heute und gestern, und stehen ziemlich vereinzelt da. Denn es gehört jetzt noch eben so viel Muth dazu, das Geistige an das Gebiet des Materiellen heran zu ziehen, als es dem Mann der Erfahrungswissenschaft schwer wird, der Deduction überhaupt ein Recht einzuräumen. Was Wunder, daß es daher noch viele Disciplinen giebt, die in ihrer Isolirtheit eine einseitige Verschmelzung mit anderen kaum ahnen lassen, und

*) Angsb. Allgem. Zeitung. 1852. Nr. 20. — VI. Brief. S. 313 und 315. •

noch viele tüchtige Köpfe, die diese Assimilirung der Wissenschaften mit mehr Wahrscheinlichkeit läugnen, als mit der man sie behaupten kann.

Und wenn wir nun gar die Kunst in das Bereich dieses Kreises ziehen wollen — wenn wir behaupten, daß die Künste, als Erzeugniß und Ausfluß des Menschengeistes, durch Sinnesindrücke angeregt, auf Sinnesindrücke berechnet, und der Mittel, welche die materielle Natur uns bietet, sich dazu bedienend — daß die Künste zuletzt gleichfalls in diesen Cyclus von Ursache und Wirkung, in diesen gesetzlichen Zusammenhang der Naturerscheinungen folgerrecht eingereiht werden müssen — wird diese Behauptung noch jetzt nicht allenthalben Widerspruch erfahren? Dennoch ist der letzte Zweck dieser Briefe gerade der, die Nothwendigkeit eines gesetzlichen Zusammenhanges zwischen Naturerscheinung und Geistesthätigkeit in Bezug auf die Musik, — als der sinnlichsten und unmittelbarsten unter den Künsten — darzulegen, wengleich es nicht möglich sein wird, diesen Zusammenhang selbst schon verfolgen zu können.

Bis zu dem geheimnißvollen Moment der Zeugung, im Materiellen wie im Künstlerischen, werden wir niemals durchdringen können, denn sonst wären wir Mitten in der geheimsten Werkstätte der Natur. Aber das sinnlich Erkennbare ist den mechanischen Gesetzen unterworfen. Der Astronom *Galande* rief aus: „Ich habe den ganzen Himmel durchforscht und nirgends eine Spur von Gott gefunden!“ Er hatte Recht — denn er studirte nur den Mechanismus der Weltkörper. Im Mechanismus kann der Geist niemals gefunden werden. Darum muß der zum Atheisten werden, der nur Sinn für den Mechanismus hat. Der Geist ist nur im Geist zu suchen — auch hier tritt nur Verwandtes zu Verwandtem. Da, wo das Unsichtbare, und doch thatsächlich Vorhandene beginnt; wo wir die Zeugung

belebter Wesen, das künstlerische Schaffen des göttlichen Prometheusfunken im Menschen sehen und fühlen; da, wo aus dem scheinbaren Nichts ein Etwas wird und die „Begeisterung“ der Materie beginnt: da hört Berechnung und Erklärung auf — da fühlen wir, daß wir Menschen sind, fühlen das Geistige in uns walten und werden es doch nimmer begreifen.

Die Akustik — dem Wortlaute nach die Lehre vom Hören, jedoch nach der Erweiterung, die der eigentliche Begründer dieser Wissenschaft, Gladni, ihr ertheilte: die Lehre vom Schall, von der Klangfarbe, die Tonlehre und musikalische Harmonielehre zusammengenommen — steht als physikalische Wissenschaft in sich festbegründet, ziemlich abgeschlossen, aber auch isolirt da. Obgleich die Akustik durch die Harmonielehre so unmittelbar in das Gebiet der Musik übergreift, wie sonst keine andere physikalische Wissenschaft das Aesthetische berührt, so gehen doch Musik und Akustik noch ziemlich unbekümmert neben einander her. Nur der Instrumentenbauer — der, sobald er wissenschaftlich und künstlerisch zugleich verfährt, sich mit Recht Akustiker nennen darf — bedarf der physikalischen Disciplinen direct, um den musikalischen Anforderungen genügen zu können. Zwischen der musikalischen Aesthetik und physikalischen Akustik befindet sich aber noch dieselbe Luft, wie zwischen den Naturerscheinungen und der productiven Geistesthätigkeit überhaupt. Sobald die physikalische Erscheinung hervorgebracht ist, d. h. sobald die Schallwellen das Ohr getroffen haben, beginnt die Thätigkeit der Sinne. Diese erzeugt eine eigenthümliche psychologische Wirkung, welche sich auf ästhetische Gesetze gründen will und schließlich zum Reproduciren oder Produciren auffordert. Physik und Aesthetik könnten mithin nur durch die Physiologie

mit einander verbunden werden. Da diese Wissenschaften aber noch davon entfernt sind, ein Ganzes zu bilden, oder in sich abgeschlossen zu sein, so müssen noch allenthalben Lücken bleiben. Dies veranlaßt den Physiker, sich mit dem sinnlichen Eindruck zu begnügen, ohne zu fragen, wohin er führt, und den Musiker, die Harmonie als Thatsache zu ergreifen, ohne zu fragen, woher sie kommt. Derstedt hat aber hier den ersten wesentlichen Schritt gethan, um den naturgemäßen Entwicklungsgang von der Tonerregung bis zur Tondichtung möglichst zu verfolgen. Seine darauf bezüglichen Abhandlungen im 3ten und 4ten Band des „Geist in der Natur“ gaben dem Verfasser die erste Anregung, zu versuchen, Derstedt's Ansichten, in Verbindung mit den physikalischen Thatsachen, dem musikalischen Publikum in einer Reihe von Briefen vorzulegen.

Man kann gegen diesen Versuch von vorn herein zweierlei einwenden. Zunächst, daß dieses Unternehmen zu keinem bestimmten Resultate führen kann. Wir geben das ohne Weiteres zu, sofern man unter „Resultat“ hier einen erkennbaren Fortschritt der Musik, als Kunst betrachtet, versteht. Darum kann es sich hier nicht handeln — es wäre auch viel zu früh, schon so weit gehen zu wollen. Der Hauptzweck dieser Briefe wird zunächst sein, den Musikfreund mit der Akustik vertrauter zu machen, oder, sofern er das schon ist, ihm die hauptsächlichsten Resultate in gedrängter Form, mit steter Hinweisung auf Analogien, noch ein Mal vorzuführen. Die Briefe sollen den Musiker darauf hinweisen, daß die Akustik seine Aufmerksamkeit nicht nur verdient, sondern in späterer Zeit sogar fordern wird.

Mit der Mechanik beginnend, werden wir sodann die Entstehung und willkürliche Erregung des Schalles, seine Fortleitung und Zurückwerfung phy-

sikalisch betrachten. Zum mathematischen Theil, zur Tonlehre übergehend, werden wir die Grundverhältnisse der Töne, ihr Verhalten zu einander, ihre Farbe, die Temperatur und Stimmung behandeln. Hieran schließt sich eine vergleichende Charakteristik von Schall, Wärme und Licht und eine Betrachtung ihrer Wirkungen. Dergestalt kommen wir auf die physiologische Wirkung des Schalles, wobei der Hör-Apparat zunächst zu betrachten ist, an welchen sich die Hauptergebnisse der Nervenphysiologie insoweit anschließen sollen, als sie Aufschluß über die Sinnesthätigkeit geben können. Durch Nerven und Gehirn finden wir den natürlichen Uebergang zur Betrachtung der psychologischen Wirkung der Töne, in Bezug auf Erregbarkeit und Empfindung, sowohl in ihren zufälligen als voraus berechneten Wirkungen. Auf diese Weise gelangen wir naturgemäß bis zu den allgemeinen ästhetischen Gesetzen des Gleichgewichts und der Symmetrie. Im Verlauf der Untersuchung finden wir vielfach Gelegenheit, Derstedt's Ansichten darzulegen und weiter zu verfolgen. Dadurch wird dem Musiker Material an die Hand gegeben, das er, aus eigenen Erfahrungen ergänzend und auf die Musik übertragend, erfolgreich selbst auszubilden im Stande ist. Derartige Briefe sollen überhaupt, ebenso wie akademische Vorlesungen, zum Studium nur anregen, die Wissenschaft aber keineswegs erschöpfen. Sie können weder ein Lehrbuch bilden, noch dieses ersetzen; sie sollen in das Detail nicht einführen, so wenig als sie im Einzelnen auf streng systematische Darstellung Anspruch machen.

Dies ist der zweite Vorwurf, der uns treffen könnte — daß wir nämlich die Briefform gewählt haben, die, popularisirend und aphoristisch zugleich, in jedem Fall nur eine oberflächliche Kenntniß befördern kann. Darauf erwidern wir: daß Nichts Anderes, als die deutsche Gründlichkeit daran Schuld ist, daß

das wissenschaftliche Brieffschreiben und Popularisiren an die Tagesordnung gekommen ist. Wir sind in der Wissenschaft so sehr in das Systematisiren, Specificiren und Theoretisiren hinein gekommen, und haben dazu, bis vor Kurzem, einen so barbarischen Styl geschrieben — daß ein Extrem nothwendig das andere hervorrufen mußte. Denn das Bedürfnis, sich mit den Resultaten der Wissenschaft bekannt zu machen, ist im Publikum allerdings vorhanden. Dazu kommt, daß die analytische Methode, — die sich in Specialitäten vergräbt und Thatfachenmaterial häuft, während sie auf Alles, was Speculation heißt, oder auf Vergleichung und Generalisiren hinweist, vornehm lächelnd herablickt — schon mehr wie eine Wissenschaft dem Leben so entfremdet hat, daß es erst mancher vorbereitenden, vielleicht vergeblichen Anstrengung bedarf, ehe das Gleichgewicht zwischen Wissenschaft und Leben wieder hergestellt sein wird. „Die Wissenschaft kann nie populär werden“ hat man schon oft erwidert. Sehr wahr — aber sie kann doch lebendig werden? Uebrigens handelt es sich nicht um eine populäre Behandlung der Wissenschaft, sondern nur um populäre Darlegung der Resultate der Wissenschaft. Diese sollen und müssen Allgemeingut werden.

Dieses Bedürfnis haben auch die geistreichsten Männer der Wissenschaft längst erkannt, weshalb nicht nur in der Gegenwart, sondern bereits im vorigen Jahrhundert wissenschaftliche Briefe erschienen, so daß wir jetzt in Betreff der Naturwissenschaften und philosophischen Disciplinen im Besitz einer fast vollständigen Sammlung von populären Behandlungen in Briefform sind. Warum denn aber gerade Briefe? „Weil das der eigenthümliche Reiz von Briefen ist, daß man hier seiner Subjectivität volle Rechnung tragen darf, während wir, ohne anmaßend zu erscheinen, in wissenschaftlichen Abhandlungen und Werken

das, was uns in tiefster Seele persönlich erregt und bewegt, unsere so zu sagen tiefinnerste Beziehung zum wissenschaftlichen Stoff, kaum leise andeuten dürfen" — antwortet darauf R. Wagner in seinen physiologischen Briefen. Man darf mit anderen Worten in Briefen Mensch sein, und nicht Fachgelehrter. Die Subjectivität muß in der Wissenschaft unterdrückt werden — darum macht sie sich an anderem Orte Luft, denn der Mensch ist nun einmal, trotz aller Bemühungen, nicht zum Object zu machen. Man ist „des trockenen Lones“ zuweilen „satt“ und will sich der interessanten Ergebnisse des Forschens ungetrübt erfreuen können, will diesen rohen Diamanten schleifen, als Schmuck fassen und in der Sonne des Lebens alle Farben spielen lassen.

Warum das aber nicht Sternen erster Größe, wie Euler, Derstedt, Liebig, Schleiden, Mädler, Wagner, Carus u. A. überlassen — Männern, die sich wohl erlauben dürfen, populär zu sein, weil sie schon bewiesen haben, daß sie gelehrt sind? Aus dem einfachen Grunde, weil akustische Briefe zu schreiben gerade noch Keinem eingefallen ist. Gegenwärtiger Versuch wäre allerdings überflüssig, wenn ein berühmter Physiker Ähnliches schon unternommen hätte. So lange das aber nicht geschieht, nehme man diese Probe als Entrogat freundlich hin.

Mit den akustischen Kenntnissen im Publikum steht es noch ziemlich traurig aus, und auch viele Musiker sind eben nicht sehr stark darin. Man kann allerdings ein recht guter Musiker sein, ohne daß man deshalb nur zu wissen braucht, was Akustik überhaupt sei, — der praktische Beweis gegen die Lehre der Cartesianer: „daß man nur Das machen könne, was man begreift“. Der Musiker thut Vieles, ohne sich des Grundes bewußt zu sein, er folgt seinem instinctiven Genius, der allerdings selten irre führt, im höheren Sinne aber nicht genügen kann. „Die mei-

sten Erscheinungen auf dem Musikgebiete" — sagt ein Berichterstatter bei Besprechung der Kraushaar'schen Schrift über den accordlichen Gegensatz und die Begründung der Scala — „sind theilweise oder ganze Räthsel, und selbst die gründlichsten Theorien fußen in mancher Hinsicht noch auf keinem festen Boden; man weiß wohl das Wie und Was, aber nicht das Warum?“ Er erkennt damit an, daß die akustischen Erscheinungen allerdings eine Basis der Musikwissenschaft bilden und folglich „für jeden denkenden Musiker, dessen Horizont über die Klaviatur und das Notensystem nur etwas hinausgeht, von Interesse sein müssen.“

Mancher Musiker würde wohl auch ein Lehrbuch der Akustik zur Hand nehmen, wenn er nicht von der Schule her einen Abscheu vor Allem hätte, was an Mathematik nur streift. Denn die Scheu vor der Mathematik vererbt sich bei den Laien traditionell von Geschlecht zu Geschlecht. Mancher Musiker hat sich wohl auch an die Arbeit gemacht, die Akustik zu studiren, hat aber als sicherstes Resultat zunächst wenigstens gefunden, daß die Akustik sehr langweilig sei. Jeder, der Experimentalphysik gehört hat und dabei kein specieller Freund oder Jünger der Musik ist, weiß, daß es kein trockneres Capitel in der Physik giebt, als das der physikalischen und mathematischen Tonlehre. Glaubte doch selbst der berühmte Mathematiker Euler, der die ersten „physikalischen Briefe“ an eine preussische Prinzessin vor beinahe 100 Jahren geschrieben hat, sich entschuldigen zu müssen, bevor er an das Capitel von der Akustik sich wagt. „Die Materie, mit der ich Ew. Hoheit jetzt zu unterhalten die Ehre habe“ — schreibt er*) — „ist so trocken, daß ich im Grunde fürchte,

*) E. Euler's Briefe an eine deutsche Prinzessin mit einem Supplement von Müller. I. Theil. 7ter Brief. S. 17.

Sw. Hoheit bald zu langweilen. Um daher nicht zu viel Zeit darauf zu verwenden, sende ich heute drei Briefe auf ein Mal, um diesen fast unangenehmen Gegenstand auf ein Mal zu erledigen". —

Bescheidener kann man doch nicht sein! Kein Ausspruch durfte daher besser, als dieser des großen Euler geeignet sein, Das zu bevorworten, was wir jetzt zu unternehmen wagen. Er möge den gewogenen Leser, namentlich den Musiker, vorbereiten — aber nicht abschrecken. Denn eines Versuches ist es immerhin werth, auf diesem populären Wege der physikalischen Tonlehre das Heimathsrecht bei den Musikern, also da zu verschaffen, wo die Töne recht eigentlich geboren und gepflegt werden.

Zweiter Brief.

Metaphysische Voraussetzungen. Fundamentalsprincipien
der Mechanik. Lebendige Kraft.

„Mit leifem Gewicht und Gegengewicht wägt sich die Natur hin und her. Und so entsteht ein Hüben und Drüben, ein Oben und Unten, ein Vor und Hernach, wodurch alle die Erscheinungen bedingt werden, die uns im Raum und in der Zeit entgegen treten.“

G ö t t e.

Die gesammte Natur — von der entferntesten Sternensinsel, die im stärksten Fernrohr nur als Nebelfleck sich zeigt, bis zur Elementarzelle, die sich dem Mikroskop erschließt — beugt sich ein em gewaltigen Gesetz. Dies Gesetz bedingt das Leben des Organischen, wie es das Unorganische harmonisch regelt; es gilt für die Geisteswelt, wie für die Körperwelt, und kettet sie Beide an einander. Es heißt Bewegung. — Wo keine Bewegung, da ist Stillstand — wo keine Bewegung, da kein Leben — wo kein Bewegen, da kein Fortschritt: so tritt das Weltgesetz in dreifacher Gestalt aus der dreifachen Erscheinungswelt des Unorganischen, Organischen und Geistigen uns mit eherner Strenge und unbeugsamer Gewalt entgegen. Ein Augenblick der Ruhe im Weltall — und es stürzte zusammen. Der Stillstand wäre die Vernichtung der Welten in ihrer gesonderten Individualität, er wäre das Beginnen des Chaos. Ein Augenblick Stillstand im Weltäther, — dem gedankenschnellen Boten, der von Stern zu Stern fliegt, —

und die Welken erstarren in unermeßbarer Kälte, das Licht hätte aufgehört zu sein, und mit Wärme und Licht verschwände das organische Leben. Und wenn dies Leben noch bestehen könnte — für uns wäre es nicht mehr vorhanden. Denn die Communication zwischen uns und der äußeren Welt wäre unterbrochen, die Sinne müßten ruhen, die Welt wäre todt für uns. Und was ist das Aufhören der Nervenschwingungen, das Stocken des Herzens, der Stillstand der Säfte anders, als unser Tod? Was das Aufhören des Empfindens und Denkens anderes, als das Ende des geistigen Lebens? — So faßt der Schöpfungsruf: „Bewege dich“ alles Sichtbare und Unsichtbare mit einem Griff zusammen und die Variationen über dies ewige Grundthema erklingen fort und fort in's Unendliche.

Was aber wird denn bewegt? — Die Materie. — Worin wird sie bewegt? — In Zeit und Raum. — Und wodurch? — Durch die Kraft. — Die Lösung dieser drei Fragen umfaßt das ganze Gebiet der Metaphysik der Natur und beschäftigt unausgesetzt den Menscheng Geist, seitdem er geordnet denken lernte.

Für uns ist die Materie, als Gegenstand der äußeren Wahrnehmung, das den Raum Erfüllende, auf unsere Sinne einzuwirken fähige Reale; das sich in Ruhe oder Bewegung befindet und durch das Nacheinander in der Zeit erscheint; das als ewig, als unvernichtbar, als beweglich und undurchdringlich gedachte Seiende. Nur durch die Fähigkeit, in Bewegung gesetzt werden zu können und durch den Widerstand, den die Materie der Vernichtung und der Durchdringung im Raume entgegensetzt, erkennen wir das Dasein der Materie. Es ist also kein bloßes Sein, kein absolut ruhiges, starres Beharren im Raum, sondern vielmehr ein thätiges, wirksames Sein. Folglich müssen wir der Materie auch eine Kraft beilegen, und zwar eine ursprüngliche

und bewegende, so daß mit der Materie zugleich Bewegkraft derselben gesetzt werden muß, wenn sie uns erkennbar sein soll. Die Kraft an sich liegt außerhalb der Erscheinungswelt, aber sie bedingt und regelt die Erscheinungen. Sie ist die Ursache aller der mannigfachen Wirkungen, welche uns darauf hinführen, daß es ein immanentes bewegendes Princip der Materie geben muß, wodurch dieselbe fähig wird, die Zustände ihres Seins zu ändern.

Eine bestimmte, räumlich begrenzte Quantität der Materie nennen wir einen Körper. Derselbe kann aus mehr oder weniger quantitativ und qualitativ verschiedenen Theilen bestehen, je nachdem die Materie unter verschiedenen Bedingungen zur Erscheinung kommt. Ein letztes Theilchen aber, das sich in allen seinen Wirkungen wie eine untheilbare Einheit verhält (gleichviel, ob sie es ist oder nicht) nennen wir ein Atom. Wir behandeln dasselbe in der Mechanik als einen physischen Punkt, sobald die Entfernung der Atome untereinander, im Verhältniß zu ihrer Ausdehnung im Raum, als unendlich groß betrachtet werden kann. Molekül dagegen ist die stabile Gleichgewichtsgruppe von zwei oder mehreren gleichartigen oder ungleichartigen Atomen. Sobald das Gleichgewicht der Kräfte im Molekül nicht gestört wird, kann es, anderen Molekülen gegenüber, gleichfalls als Einheit behandelt werden.

Um die Erscheinung des Körpers im Raum hervorzubringen, bedarf derselbe zunächst nur der dreifachen Ausdehnung nach Länge, Breite und Tiefe, wobei natürlich Beweglichkeit und Undurchdringlichkeit, als allgemeine Eigenschaften der Materie, vorausgesetzt sind. Ein Körper erscheint dabei im Zustand des reinen Seins, sobald er beharrlich im Zustand der Ruhe oder der Bewegung verbleibt. Er erscheint aber im Zustand der Veränderung des Seins, wenn er aus der Ruhe in Bewegung oder

umgekehrt, oder endlich aus einer Bewegung in eine andere übergeht. Die Veränderungen in der Körperwelt, die durch diesen Gegensatz von Ruhe und Bewegung bedingt sind, müssen aber Dauer haben, sonst können sie nicht zu unserem Bewußtseingelangen.

Um also die Erscheinungen in der Zeit hervorzubringen, bedarf es der immanenten Fähigkeit der Materie, durch sich selbst und ohne alle äußere Einwirkung in dem Zustand des ruhigen oder bewegten Seins zu verharren, so wie in der Unfähigkeit, durch sich selbst den ein Mal vorhandenen Zustand zu ändern. Dieses immanente passive Princip der Materie nennt Redtenbacher*) das Princip der Selbsterhaltung des ruhigen oder des bewegten Seins der Materie. Die Physiker nennen es gewöhnlich Trägheit oder Beharrungsvermögen, die Philosophie sehr bezeichnend die Willenlosigkeit der Materie. Da die Materie in dem Zustand verharren muß, in welchem sie sich einmal befindet, ist sie willenlos. Aber wir wissen bereits, daß sie nicht kraftlos ist.

Die Kraft, das immanente active Princip der Materie, wird von Redtenbacher das Princip der Wechselwirkungsfähigkeit der Materie genannt, wodurch das ruhige oder bewegte Sein der Körper verändert wird.

Somit erscheint die Materie als willenlos und doch kraftvoll, als ein Doppelsein, das mit einem activen und passiven Princip begabt ist. Das Active des eines Körpers kann nur auf das Passive des anderen Körpers wirken, die Kraft des Einen nur auf die Masse des Anderen. Nur durch diese Wechselwirkung wird es der Materie möglich, aus einem Zustand in den anderen zu gerathen, folglich eine Mannigfaltigkeit der

*) Principien der Mechanik, 2ter Abschnitt. §. 17.

Erscheinungen in Zeit und Raum hervorzubringen. Masse ist ohne Kraft, Kraft ohne träge Masse nicht denkbar. Beide sind untrennbar Eins und doch ein Verschiedenes. Hier tritt uns jener unbegreifliche Dualismus entgegen, der durch das ganze All geht; derselbe, der Geist und Körper, Gott und Welt zusammen faßt und doch als Doppeltes erscheinen läßt, und an dessen Erklärung und Ausfüßung die Philosophie noch immer scheiterte.

Daß aber selbst der willenskräftige, mit Freiheit begabte Mensch den Gesetzen der Materie in vollem Maße unterworfen sei, möge ein Beispiel beweisen, das zugleich den Gegensatz von Willenlosigkeit und Kraftbegabtheit der Materie als solcher, erläutern soll.

Man denke sich einen Menschen auf einem Schaukelbret gerade ausgestreckt liegend, freischwebend, hoch über der Erde. Der Mensch ist gegen das Weltall ein Atom, wir begehen also keinen großen Fehler, wenn wir ihn als wirkliches Atom betrachten. Dieses Atom, Mensch genannt, besteht aus Körper und Geist, hat Kraft, Willen und träge Masse. Auf dem freischwebenden Brete liegend kommt aber von seiner Kraft und seinem Willen Nichts Wesentliches zur Erscheinung, er erscheint als rein passive Materie und als solche willenlos, nur der Einwirkung äußerer Naturkräfte unterliegend.

Er ist zunächst schwer — denn sobald die Stricke reißen, fällt er zur Erde, lediglich dem Gravitationsgesetz folgend. Er ist ferner träge — denn er fällt so lange fort, bis er auf einen zweiten Körper trifft, der entweder durch seine Undurchdringlichkeit ihn aufhält, oder durch die Einwirkung seiner Kraft die Wirkung der Schwere aufhebt und einen stabilen Gleichgewichtszustand herstellt, so daß das Mensch-atom, auf welches zwei Kräfte dann mit gleicher Intensität wirken, freischwebend zwischen beiden verharren muß, bis eine dritte Kraft den Gleichgewichtszustand

aufhebt: Dies wäre z. B. der Fall, wenn das Atom zwischen zwei Welten sich befände, welche beide gleich stark anziehend wirkten, so daß es zwischen beiden Welten ruhig schwebend verharrte, bis die Attraction eines sich ihm nähernden Kometen oder Mondes es zwänge, auf diesen nieder zu fallen. Wäre irgend eine irdische Kraft im Stande, die Schwere zu überwinden, so würde das Atom von der Erde hinweggeschleudert werden können, es flog in den Welt-raum hinaus und zwar so lange, bis es in die Nähe eines anderen Weltkörpers kommend, von diesem angezogen würde. Das Menschatom befände sich dann ungefähr in der Lage eines Meteorsteines.

Die Schwere kann aber von keiner irdischen Kraftäußerung überwunden werden, und die Stricke, welche das Bret freischwebend erhalten, mögen dauerhaft, das Bret in Ruhe sein, dann muß das Atom Mensch ebenfalls in Ruhe bleiben. Seine inneren Kräfte sind zwar thätig, aber sie können keine äußere Veränderung bewirken. Sein Herz pulsiert, sein Blut cirkulirt, alle seine chemischen und Geisteskräfte sind in ihm thätig, das Alles bringt aber keine äußere sichtbare Bewegung hervor. Der Mensch kann sich seines Zustandes vollkommen bewußt sein (wenn ihn der Schwindel nicht daran hindert), er mag sogar wollen, daß das Bret sich bewege — sein Wille vermag das so wenig, als sein Glaube „Berge versetzen“ oder ihn nur vom Bret herab auf den sicheren Erdboden versetzen kann. Er möge noch weiter gehen, er möge durch seine Willenskraft sich erheben, sich gegen das Bret stemmen, an den Seilen rütteln zc., er wird nicht einmal das Bret in Schwung versetzen können. Das Bret wird nur leise schwanke, sofern sein Schwerpunkt durch diese Anstrengungen des Menschen eine andere Lage erhält. Es ist das Gesetz der Erhaltung des Schwerpunktes, dem das Atom unterliegen muß.

Das Atom Mensch kommt somit zur praktischen Er-

kenntniß des mechanischen Grundgesetzes, daß er für sich allein Nichts in seinem Zustand ändern kann, daß er folglich träge sei. Er sieht ein, daß es einer Wechselwirkung zwischen seiner trägen Materie und einer zweiten, äußeren Kraft bedarf, um ihn zu bewegen und ihm zu helfen, seinen Willen zur That zu machen. Ein zweites Menschatom trete jetzt hinzu — es stemme sich gegen das Bret, es wirke mit seiner Kraft auf die träge Masse des ersten Atoms und so gleich bewegt sich das Bret. Dieses beginnt zu schwingen, würde aber wieder in Ewigkeit fortschwingen, wenn nicht neue Kräfte als Widerstände hinzuträten, um der Trägheit des, nun ebenso willenlos schwingenden, als vorher ruhenden Menschen zu Hilfe zu kommen und das Bret wieder aufzuhalten.

Kein noch so erhabenes Bild oder dichterischen Phantasie könnte wohl mehr geeignet sein, die Nichtigkeit des Menschen schlagender darzuthun, als dieses Schaukelbret.

Daß dieser Dualismus des passiven und activen Principes der Materie ein in der Vernunft begründeter und nothwendiger sei, möge noch durch folgende Betrachtung erläutert werden, die wir mit Redtenbachers Worten wiedergeben wollen.

Wenn die Materie nur mit dem passiven Principe der Trägheit begabt wäre, so würde jeder Körper nur für sich selbst und in jeder Hinsicht unverändert fortbestehen. Körper, die einmal in Ruhe wären, würden ewig und unverändert an ihrem Platz verbleiben; die bewegten würden, unbekümmert um Alles, was neben ihnen besteht, zwecklos ihren Weg im Raum geradlinig fortsetzen. Ganz anders gestalten sich die Erscheinungen, wenn wir uns die Materie noch mit dem activen Princip der Wechselwirkungsfähigkeit ausgerüstet denken. In diesem Falle besteht jeder Körper nicht nur für sich allein, sondern auch in Beziehung zu anderen Körpern. Sie

nehmen von ihrer Existenz wechselseitig Notiz, leben so zu sagen in Gesellschaft, treten zu Gruppen zusammen, wodurch mannigfaltige Gebilde und Gestalten entstehen, die aber nicht unveränderlich sind, sondern durch später eintretende Wechselwirkungen wiederum aufgelöst werden. Kein Körper ist dann zu ewiger Ruhe oder zu unveränderlich einförmiger Bewegung verdammt, denn Alles wirkt wechselseitig auf einander ein, und so entsteht denn eine Welt des Zusammenseins, des Zusammenwirkens, des Gestaltens, der Ruhe und Bewegung, oder mit einem Wort, eine wirkliche lebendige Welt. Ohne das gleichzeitige Vorhandensein jener beiden Principien ist weder die wirkliche, noch überhaupt eine Welt mit vernünftigen Zwecken denkbar. — —

Es ist keine einzige Thatsache bekannt, welche uns zu dem Schluß berechtigte, daß durch die Thätigkeit der Kräfte, oder durch andere denkbare Ursachen, Stoffe geschaffen oder vernichtet würden. Im Gegentheil weisen sowohl alle Erfahrungen, als auch alle vernunftgemäße Schlüsse darauf hin, daß zu dem im Weltenraum einmal vorhandenen Stoffe nicht ein neues Atom hinzu kommt, daß aber auch keines vergänglich ist. Die Materie ist ewig. Folglich ist auch die Kraft ewig. Denn da wir Materie nicht ohne Kraft, Kraft nicht ohne Masse denken können, ist ebenso undenkbar, daß eine Kraft vernichtet, oder neu geschaffen werden könnte.

Man hat sich darüber vielfach getäuscht und täuscht sich noch immer. Die Kraft, als Unsichtbares, nur in den Wirkungen Erkennbares, erscheint uns oft als nicht vorhanden. Aber sie schlummert nur, weil sie keine Anregung zur Thätigkeit findet. Wir wecken sie, und glauben, sie geschaffen zu haben. So lange wir nicht tiefer in das Spiel der Naturkräfte schauen, ist dieser Irrthum wohl verzeihlich, kann

aber vor dem Forum der Mechanik niemals Anspruch auf Wahrheit erlangen.

Die rationale Mechanik im weitesten Sinne des Wortes ist es, welche sich mit den Gesetzen und Ursachen der Bewegung der Körper beschäftigt; welche die Wechselwirkung zwischen Kraft und Masse in Zeit und Raum zu messen hat und ihre Lehrsätze — die nichts Anderes sind, als die vernunftgemäßen Weltgesetze, — mittelst strenger Schlussfolgerungen aus einer geringen Anzahl von Principien, oder einfacher Naturgesetze herleitet, um darauf das ganze unermessliche Gebäude der Erscheinungswelt zu gründen. Die allgemeinen Principien der Mechanik sind folglich die verschiedenen allgemeinen Ausdruckswesen für die Art und Form, wie die Grundeigenschaften der Materie die mannigfaltigen Erscheinungen bedingen. Im besonderen Falle hat die Mechanik noch die Bedingungen zu betrachten, unter denen die Körper in Ruhe sind.

Eine absolute Ruhe der Materie giebt es nicht. Wohl muß aber die Materie in relativer Ruhe sich befinden können, weil aus der Ruhe erst der Gegensatz der Bewegung hervorgeht. Die Kräfte sind aber niemals in Ruhe, sondern nur im Gleichgewicht. Sie scheinen uns nur in Ruhe zu sein, wenn widerstreitende Ursachen zur Bewegung vorhanden sind, die sich gegenseitig aufheben, und so den Zustand des Gleichgewichts hervorrufen.

Sobald wir einmal die Wahrheit erkannt haben, daß alle Veränderungen, welche in der materiellen Natur vorkommen, nur auf Ortsveränderung der kleinsten Theile der Materie beruhen können, kommt es darauf an, in jedem speciellen Falle nachzuweisen, worin diese Veränderungen bestehen und auf welche Art die Erscheinungen durch dieselben hervorgerufen werden. Die wichtigsten Erscheinungen und Wirkungen, welche uns sogleich unmittelbar entgentreten, sind fol-

gende: Uebergang aus dem Zustand der Ruhe in den der Bewegung, und umgekehrt. — Fortbewegung eines Theilchens oder eines Körpers, mit oder ohne Aenderung der Geschwindigkeit. — Ortsveränderung der Körper. — Volumsänderung der Körper durch Ausdehnung oder Zusammenziehung. Formänderung durch Biegen, Winden zc. — Zertheilung der Körper. — Aenderung der Atomgruppierung. — Nur allein die Bewegung ohne Aenderung der Geschwindigkeit erfolgt, wenn sie einmal eingeleitet ist, durch das passive Verhalten der Materie, also ohne alle Mitwirkung einer inneren oder äußeren Kraft. Alle übrigen der genannten Veränderungen entspringen aber aus der unmittelbaren Thätigkeit der Kräfte.

Die träge Masse verhält sich zu den Kräften, nach Redtenbachers Ausspruch, wie ein Gefäß zu einer Flüssigkeit. So wie das Gefäß Flüssigkeiten in sich aufnimmt, und denselben seine eigene Form mittheilt, ebenso nimmt eine Masse Wirkungen in sich auf, die sodann in der eigenthümlichen Form zur Erscheinung kommen, welche durch die Zustände der Masse bedingt sind. Wie aber ein Gefäß nicht mehr Flüssigkeit abgeben kann, als es empfangen hat, ebenso kann auch eine Masse keine größere Wirkung abgeben, als sie in sich aufgenommen hat. Dieser Satz ist für unsere fernere Betrachtungsweise ein äußerst wichtiger.

Die rein passive Natur der Materie spricht sich also darin aus, daß sie aus sich selbst keine Thätigkeit erzeugen kann, aber Thätigkeiten, welche die Kräfte entwickeln, in sich ebenso vollständig aufnimmt, als sie dieselben unverkürzt abgiebt, sobald eine äußere Veranlassung sie dazu zwingt. Wird also eine Masse durch eine Kraft getrieben, so nimmt sie die Wirkungen, welche dieselbe entwickelt, in sich auf. Wird sodann die Kraft beseitigt, und die Masse sich selbst, d. h. ihrer eigenen passiven Natur über-

lassen, so bewegt sie sich mit gleichförmiger Geschwindigkeit fort und conservirt die empfangene Wirkung so lange, bis sie ihr durch eine Gegenwirkung entzogen wird, worauf sie wieder in den Zustand der Ruhe zurückkehrt.

Wenn wir Alles, was die Fähigkeit zu wirken besitzt, lebendig, und Alles, was eine Wirkungsfähigkeit nicht besitzt, todt nennen, so können wir auch einen ruhenden Körper einen todtten, einen in Bewegung befindlichen einen Lebendigen Körper nennen. Denn die Lebenskraft eines belebten Körpers ist lediglich nach der Thätigkeit zu beurtheilen, die derselbe zu entwickeln vermag. Dem analog hat man in der Mechanik die in die Masse gelegte und in derselben enthaltene Wirkungsfähigkeit (die, beiläufig gesagt, immer durch das Product aus der Masse in die, mit sich selbst multiplicirte Größe der Geschwindigkeit, gemessen wird) die Lebendige Kraft der Masse genannt. Der Dichter spricht von einem „belebten“ Wasser, der Mechaniker von der „lebendigen Kraft“ des Wassers — und Beide verstehen darunter im Grunde dasselbe.

Denn der Anfang des Lebens ist Bewegung, der Anfang von Geist ist Kraft. Eine absolute Ruhe ist die niedrigste Stufe des Seins. Die Bewegung eines Atoms ist die niedrigste Stufe des Lebens. Die mechanischen Geseze gelten für alle Erscheinungen der sichtbaren Welt.

Das Princip der Erhaltung der Lebendigen Kraft ist aus diesem Grunde ein unendlich wichtiges, dessen Consequenzen im ersten Augenblick gar nicht zu übersehen sind. Dieses Princip ist es, welches die Brücke bildet zwischen der Körper- und Geisteswelt. Es ist Thatsache, daß alle Einwirkungen auf unser Nervensystem nach Lebendigen Kräften zu beurtheilen sind, so wie man jetzt schon zu der Voraussetzung Grund

hat, daß die Thätigkeit der Nerven, und mithin auch die des Gehirnes, nach dem Princip der Erhaltung der lebendigen Kraft erfolgen muß. Die Intensität aller Empfindungen richtet sich theils nach der specifischen „Reizbarkeit“ des Nervensystems eines Individuum, theils nach der „lebendigen Kraft“, mit welcher auf die Nervensubstanz eingewirkt wird. Für ein bestimmtes Individuum ist die Intensität der Empfindung des Schalles proportional der lebendigen Kraft des schwingenden Lufttheilchens; die Intensität der Wärme- und Lichtempfindung proportional der lebendigen Kraft des schwingenden Aethers. Diese Thatsachen erklären sich sehr natürlich, weil diese lebendigen Kräfte die Wirkungen ausdrücken, durch welche die Nervensubstanz „gereizt“, d. h. ihrerseits in einen bewegten Zustand versetzt wird, welcher sich entweder dem Gehirn als Empfindung mittheilt, oder von diesem aus wiederum in äußerlich sichtbare Bewegung umgesetzt wird; eine Thätigkeit, die durch die Electricität, wenn nicht bewirkt, doch sicher substituiert werden kann.

Diese vorläufigen Andeutungen mögen genügen, um zu zeigen, daß durch die entwickelten Begriffe die Mechanik zunächst mit der Physiologie in engeren Zusammenhang gebracht wird. „Einzig und allein durch die Grundprincipien der Mechanik sind wahre, das innere Wesen der Erscheinungen berührende Erklärungen der Thatsachen möglich, indem alle Erscheinungen auf Wechselthätigkeiten der Körper und ihrer Theile beruhen, deren Größe nur vermittelt der Begriffe von Wirkung und von lebendiger Kraft verstanden werden kann“*).

Wenn die Erklärung und das Verständniß noch nicht

*) Redtenbacher, Principien der Mechanik, S. 40.

allenthalben möglich ist, werfe man das weder der Wissenschaft vor, noch suche man die Ursache in geheimnißvollen Dingen, wohl gar in „Wundern“ — sondern suche den Grund eben darin, daß hier für die Wissenschaft der Natur, so rasch sie sich auch entfaltet, kaum erst die Morgenröthe der Erkenntniß angebrochen ist, und daß wir von gewissen Dingen niemals mehr, als die Oberfläche sehen können. Wenn noch heute der beschränkte Menschenverstand sogleich mit Wundern bei der Hand ist, wo der Denker mit Sicherheit präsumirt, daß ihm hier nur die Mittelglieder fehlen, um eine Erklärung zu geben, so frage man sich einfach, was denn ein Wunder sei? Es ist Alles oder Nichts ein Wunder.

Das absolute Sein der Materie, die Thätigkeit der Kräfte, ist schon Wunder genug — wir bedürfen gar nicht mehr, als dieses eine allgemeine Wunder, um daraus die Welt zu construiren. Wenn man aber jeden speciellen Fall, der uns durch seine Eigenthümlichkeit frappirt; der in der That nur ein Mal und nicht wieder zu kehren scheint (weil die Bedingungen zu der Erscheinung sich nicht wieder in gleicher Weise vereinigen); von dem der Mensch, — der in seinem Egoismus nun einmal Alles auf sich bezieht, weil er von sich aus die Welt betrachtet — von dem der Mensch glaubt, daß diese Erscheinung um seines Willen geschieht: wenn man jeden solchen Fall ein Wunder nennen will — so erinnert das an den kindlichen Zustand jenes Kaziken in Peru, der das heilige Buch an sein Ohr hielt, und glaubte, nun müsse er hören, was das Buch sage, anstatt zu begreifen, daß er erst lernen müsse, bevor er verstehen könne.

Wenn wir das, was unsere Sinne uns roh und un-
verarbeitet bieten, ohne alle geistige Anstrengung aufnehmen wollen, wenn wir das, was wir hören und sehen, auch gleich begreifen zu können glauben — dann vergessen wir, daß es Sinnestäuschungen

und Sinnesstörungen giebt, und daß wir nur zu sehr geneigt sind, das, was wir in die Erscheinungen erst hineinlegen, aus denselben nachher als Evangelium wieder herauszulesen.

Die lebendige Kraft spielt unseren Sinnen allerdings merkwürdige Streiche, die selbst den exactesten Forscher noch oft genug irre führen. Sie taucht unter, verschwindet auf lange Zeit, wir glauben sie todt — plötzlich kommt sie an einer Stelle zum Vorschein, wo wir sie nie gesucht hätten, und in einer Gestalt, die wir nie vermutheten. Sie erinnert lebhaft an das Märchen in Tausend und Einer Nacht — wo die Zauberin, um den Verfolgungen eines Zauberers zu entgehen, sich in einen Fisch, dann in einen Vogel, dann in einen Granatapfel, in ein Saamenkorn, eine Schlange, endlich in eine Feuerflamme verwandelt. Wollte man derartige Phantasiegebilde überhaupt commentiren, so könnte man hier nachweisen, daß der Dichter das Princip der Erhaltung der lebendigen Kraft im poetischen Gewand uns versinnlichen wollte.

Denn es dürfte den Unkundigen nicht weniger in Erstaunen setzen, als jenes Zauberkunststück uns frappiren würde, wenn er sähe, wie durch einfache Bewegung einiger Eisenstäbe Magnetismus, durch diesen Electricität, durch diese Licht- und Wärme-Erscheinungen oder Zersetzung des Wassers in seine Gas-Elemente u. erzeugt würde.

Um noch ein schlagenderes Beispiel zu wählen — denken wir uns einen unserer Industrie völlig Fremden, vor einer Baumwollensabrik stehend, in welche ihm nur an drei Punkten der Einblick gestattet wäre: nämlich da, wo die Steinkohlen auf den Feuerheerd geworfen werden; da, wo die rohe Baumwolle zum Sortiren aufgegeben wird, und endlich da, wo das fertig gewebte Stück Zeug aufgewunden wird. Wenn er nun von den Maschinen weder etwas sähe, noch hörte und Jemand sagte zu ihm: dadurch, daß ich

die Kohle in den Ofen schiebe und die Baumwolle in einen Kasten, wird ohne Beihülfe von Menschenhänden bewirkt, daß hier der feinste Piqué zu Tage kommt — würde der naive Beobachter nicht „Wunder“ schreien oder uns für sehr bornirt halten, seiner Fassungskraft so Etwas zuzumuthen?

Der Mann hätte nicht so ganz Unrecht, denn zu begreifen ist ein solcher Proceß ohne Weiteres nicht. Er sieht nicht den zischenden Dampfkessel, nicht die arbeitende Dampfmaschine, nicht die Wellen und Riemen, welche die „lebendige Kraft“ der Maschine, die sich aus der brennenden Steinkohle entwickelt, in die entferntesten Winkel der Gebäude tragen und vertheilen. Er sieht nicht die Reinigungsmaschinen, die Kamm-Maschinen, die Spinn- und Webstühle und was sonst dazu gehört — er sieht das Alles nicht und soll uns ohne Weiteres glauben. Ist er ein kluger Kopf, so wird er sagen: da sind Wirkungen und Ursachen, die ich nicht kenne, da sind Zwischenglieder, die ich nicht sehe. Ich nehme die Thatsache vorläufig für das, was sie ist, und warte ruhig ab, bis sich mir die Fabrik ein Mal erschließen wird.

So steht der Forscher vor der Werkstatt der Natur. Er sieht hier eine Ursache, dort eine Wirkung — sie haben so wenig Ähnlichkeit miteinander, wie eine verbrennende Steinkohle mit einem Stück Piqué — er weiß aber: einen Sprung, ein Wunder giebt es nicht, hier hat sich also die ewige Zauberin „lebendige Kraft“ wieder ein Mal in tausend Schleier gehüllt, in tausend Gestalten verborgen, ehe sie uns sichtbar und erkennbar wird.

Aber sie ist da — suche nur den Schlüssel zur Werkstatt. Und findest Du ihn nie, so verzweifle an deiner geringen Erkenntniß, aber zweifle nicht an der Wahrheit des ewigen Naturgesetzes!

Dritter Brief.

Analyse der Kräfte. — Atomistische Theorie. — Synthesis
des Kosmos.

Das Staubkorn ist nicht zu klein, das Weltall nicht zu groß, um nicht der Wirkung von Kräften unterworfen zu sein, um nicht den Gesetzen unterworfen zu sein, welchen diese Wirkung folgt.

Bessel.

Die verschiedensten Wege müssen zu demselben Ziele führen, wenn dieses Ziel nur fest im Auge behalten und der richtige Ausgangspunkt gewählt wird.

So müssen alle Resultate der inductiven Wissenschaften zuletzt in den Principien der Mechanik zusammen treffen, in dem Centralpunkte, wo die Aufgabe der Erfahrung beendet ist und die Speculation die ihrige beginnt.

Die Eigenschaften, Kräfte und Wirkungen, welche wir in der Materie — als dem Doppelwesen von Kraft und Masse — bisher gefunden haben, können ohne die Materie so wenig bestehen, als die Materie ohne diese Eigenschaften. Ein Ding ohne Eigenschaften, eine Eigenschaft ohne Träger derselben, ist undenkbar. Denn das Wesen der Dinge ist eben die Summe ihrer Eigenschaften. Da nun die Kraft eine

der Haupteigenschaften der Materie ist, so ergibt sich daraus unmittelbar, daß weder eine Kraft, noch eine Wirkung, als Folge der Kraft, ohne Materie gedacht werden kann. Da jede Kraftäußerung ein Leidendes voraussetzt, so ist damit die träge Masse zugleich gegeben.

„Was wär' ein Gott, der nur von Außen stieße!“ — ruft Götthe aus. Ein Gleiches sagen wir von der Kraft. Sie ist kein „stoßender Gott“, sie kann kein von der Masse getrenntes Wesen der Dinge sein. — Ueberall, wo zwei Stoffe nahe genug gebracht werden, üben sie, in Folge ihrer Kräfte eine Wirkung aufeinander aus. Diese Wirkung giebt sich als Bewegungerscheinung, kund. Sei nun die Entfernung, welche der Stoff dabei zurücklegt, meßbar oder nicht, so ist es in allen Fällen nur die Bewegung, durch welche sich die Kraft verräth.

Es ist daher Nichts weniger, als eine bloße Voraussetzung — sagt Moleschott*), dessen physiologisch-chemischen Betrachtungen ihn zu denselben Resultaten führen, als uns die rein mechanischen — daß die Kräfte durch ihre Wirkungen, durch die Bewegungerscheinungen, gemessen werden. Denn außer jenen Wirkungen kennen wir von den Kräften Nichts.

Wir messen die Wirkung, welche eine Kraft entwickelt, nach der Intensität ihres Druckes und nach der Länge des Weges, durch welchen sie thätig ist, also durch ein Product, dessen zwei Glieder sehr verschieden sein können, ohne daß das Product selbst dadurch nothwendig geändert werden muß. Dabei ist hervorzuheben, daß die Zeit, in welcher eine Wirkung vollbracht wird, auf ihre Größe keinen Einfluß hat. Die Zeit dient nur als Vergleichungspunkt.

*) Den Kreislauf des Lebens, Pag. 317, ff.

Die Frage liegt nun sehr nahe, ob unsere Definition von Kraft, als eine rein mechanische, allgemeine Gültigkeit haben könne; oder ob man verschiedene Arten von Kräften annehmen müsse. Man braucht den Ausdruck Kraft im verschiedensten Sinne, man spricht von der Kraft des Verstandes, des Willens, der Phantasie; von der Kraft der Muskeln, der Wärme, des Magnetismus; von der Feder-, Dampf- und Wasserkraft, ohne Gefahr zu laufen, mißverstanden zu werden, und doch ohne sich in den meisten Fällen dessen bewußt zu sein, was man ausspricht. Denn man wird bei genauerer Untersuchung finden, daß der Sprachgebrauch die Begriffe von Kraft und Wirkung fast immer wechselt. Muskel-, Feder-, Dampf- und Wasserkraft, Stoßkraft, Wärme- und magnetische Kraft zc. sind immer ein Product, immer eine Wirkungsgröße, also die Folge dessen, was wir Kraft nennen. Wir haben die, in einer Masse enthaltene Wirkungsgröße aber die „lebendige Kraft“ derselben genannt, und müssen diesen Unterschied zwischen Kraft als Ursache, und lebendiger Kraft als Wirkung, streng aufrecht erhalten, um uns vor aller Begriffsverwirrung zu bewahren.

Wenn wir trotz dieser Scheidung finden, daß wir noch verschiedene Kräfte annehmen müssen, um die Gesamtheit der Erscheinungen zu erklären, so fragt es sich immer noch, ob das, was wir verschiedene Kräfte nennen, in der Art oder nur in der Aeußerung verschieden sei.

Nach dem jetzigen Standpunkt unseres Wissens sind wir zunächst gezwungen, zwischen geistiger und mechanischer Kraft, oder richtiger: zwischen Geist und Kraft, einen Unterschied zu machen. Beide finden ihre Coincidenz allerdings in der Materie, die sie Beide als Gemeinsames haben, da der Geist ohne Materie so wenig gedacht werden kann, als Gott ohne die Welt überhaupt denkbar wäre. Das Ver-

schiedene zwischen Geist und Kraft liegt aber darin, daß die Wirkung der letzteren ihrer Größe nach immer meßbar, die der ersteren dagegen, über gewisse, näher zu bezeichnende Grenzen hinaus, vollkommen unbestimmbar ist. Kraft im weitesten Sinne ist doch immer nur jede Ursache irgend einer Wirkung, welche nothwendig erzeugt und durch die Größe der letzteren meßbar wird.

Das Eigenthümliche des Geistes besteht aber gerade darin, daß seine Wirkungen willkürlich erfolgen, innerhalb gewisser Grenzen von variabler Intensität und, weiter hinaus, ganz unbestimmbar sind. Das Letztere gilt zwar nicht von den niederen Geistesfunctionen, aber im vollen Maaße von dem, was wir geistige Schöpferkraft, oder künstlerischen Genius nennen. — Es wird wohl Niemanden einfallen, die Wirkungen des Genius jemals im Voraus bestimmen oder durch Rechnung verfolgen, mithin durch das Spiel der mechanischen Kräfte allein erklären zu wollen!

Der Geist bedarf zwar der Materie, um sich überhaupt kund zu geben, aber die höheren Geistesfunctionen sind nicht als Wechselwirkungsfähigkeit der Materie, sondern nur als Wirkungsfähigkeit durch die Materie zu bezeichnen. Dem Weg der Induction folgend, sind wir daher gezwungen, zwischen Geist und Kraft so lange zu unterscheiden, bis deren Identität durch Erfahrung nachgewiesen ist, was wohl nie gelingen wird. Daß der Nachweis aber bis zu einem gewissen Punkte möglich ist, werden wir in der Folge sehen. Jedenfalls sind Geist und Kraft keine Gegensätze, sondern verwandte Erscheinungen. Sie sind daher durch keine Kluft getrennt, sondern finden allenthalben Berührungspunkte und gehen thatsächlich ineinander über. Einen solchen merkwürdigen Interferenzpunkt finden wir in der Willenskraft.

Zwischen Geist und mechanischer Kraft scheinen

aber noch die Lebenskraft und die chemischen Kräfte Mitten inne zu stehen, von welchen die erstere an das geistige Gebiet, die letzteren an das mechanische Gebiet tangiren.

Wie lange der Begriff der Lebenskraft in der Wissenschaft noch geduldet werden kann, lassen wir dahin gestellt sein. Daß dieser Begriff aber weder ein in der Natur begründeter, noch logisch nothwendiger sei, haben Loge*), Moleschott, Dubois-Reymond u. von den verschiedensten Standpunkten aus nachgewiesen. Denn, „wer von einer Lebenskraft redet, ist genöthigt eine Kraft ohne Stoff anzunehmen.“ Eine Kraft ohne stofflichen Träger ist aber eine durchaus wesenlose Vorstellung, ein sinnloser abgezogener Begriff**). „Die Lebenskraft ist der unüberspringbare breite Graben,“ sagt Dubois-Reymond***) — „von dem der Wettrenner auf der Bahn mit Hindernissen fälschlich gehört hat, den er nun hinter jeder Hecke wähnt, und dadurch moralisch gelähmt wird.“ Und Liebig †) schreibt: „Mit einem durchaus unbegreiflichen, unbestimmten Etwas — der Lebenskraft — erklärt man Alles, was nicht begreiflich ist!“ —

Wenn man somit bald dahin gelangen wird, die Erscheinungen der Lebenskraft in die der chemischen und mechanischen Kräfte aufzulösen, so ist man andererseits nahe daran, die chemische Kraft, als integrierenden Theil der mechanischen Kraft, letzterer zu subordiniren. Denn Chemismus ist offenbar nichts Anderes als ein, in veränderter Gestalt auftretender Mechanismus — die chemischen Erscheinun-

*) Allgemeine Pathologie und Therapie. Einleitung.

**) Moleschott, der Kreislauf des Lebens. S. 347. ff.

***) Untersuchungen über thierische Electricität. I. 38.

†) Chemische Briefe, S. 18.

gen sind Wirkungsgrößen, die sich auch allenthalben als Bewegung, in Verbindung mit Wärme, Licht und Electricitäts-Erscheinungen zc. kund geben. Redtenbacher unterscheidet zwischen Chemie und Physik nur insofern, als er die Chemie die Statik, die Physik die Dynamik der Atome und der in ihnen thätigen Kräfte nennt*).

Werden somit sämtliche Kräfte der belebten und unbelebten Natur endlich in geistige und mechanische gesondert, so fragt es sich nur noch, in wie viel Kräfte die mechanische Kraft zerfallen muß. Denn daß alle Erscheinungen der Körperwelt durch eine einzige mechanische Kraft bedingt sein sollten, ist von vorn herein nicht denkbar. Wir bedürfen aber auch nicht mehr, als zweier Grundkräfte, einer Positiven und Negativen. Wir treffen also fort und fort auf einen Dualismus, der, ebenso wie er Geist und Materie, Kraft und träge Masse fordert, hier abermals die Kraft als ein Doppelwesen erscheinen läßt.

Ein attraktives und repulsives Princip ist es, welches von der Mechanik wie von der Philosophie gefordert wird, um die sichtbare Welt zu erklären. Attraktion und Repulsion sind die beiden Pole, um die sich das Weltgebäude gelagert hat und in immer wechselnder Gestaltung schwingt. Man nannte diese beiden Kraftäußerungen früher Polaritäts-Erscheinungen — analog dem Abstoßen der gleichartigen und dem Anziehen der ungleichartigen Pole des Magneten.

Göthe spricht sich in seiner großartigen Anschauungsweise darüber an den Canzler von Müller folgendermaßen aus**): „die zwei großen Triebkräfte aller Natur sind der Begriff von Polarität und von Steigerung, jene der Materie, in-

*) Principien der Mechanik, S. 28.

***) Zur Naturwissenschaft im Allgemeinen. Nachgelassene Werke. 10. Band.

sofern wir sie materiell, diese ihr dagegen, insöfern wir sie geistig denken, angehörig. Jene ist in immerwährendem Anziehen und Abstoßen, diese in immerstrebendem Aufsteigen. Weil aber die Materie nie ohne Geist, der Geist nie ohne Materie existirt und wirksam sein kann, so vermag auch die Materie sich zu steigern, so wie sich's der Geist nicht nehmen läßt, anzuziehen und abzustößen; wie Derjenige nur allein zu denken vermag, der genugsam getrennt hat, um zu verbinden; genugsam verbunden hat, um wieder trennen zu mögen."

Nicht eine Abstraktion, nicht eine willkürliche Annahme ist es, durch welche wir zu diesen Begriffen gelangen — sie sind vielmehr der Erfahrung entnommen, denn die Existenz dieser Kräfte erkennen wir nicht nur an den mannigfachen Wirkungen, die sie hervorbringen, sondern namentlich durch das Gefühl, das Bewußtsein unserer eigenen physischen Kraft.

Dieses Gefühl haben wir durch einen besonderen Sinn, den man Tastsinn nennt, den Redtenbacher aber richtiger den Kraftsinn genannt hat. Ohne diesen Sinn — sagt Redtenbacher — würden wir von der Existenz der Kräfte durchaus keine Ahnung haben. Die Welt mit ihren Erscheinungen würde uns als eine Phantasmagorie erscheinen. Die Ursachen dieser Erscheinungen aufzusuchen würde uns wohl schwerlich in den Sinn kommen, und wenn es geschähe, so könnten wir sie doch niemals auffinden. Durch den Kraftsinn aber fühlen wir, wenn unsere Kräfte thätig sind, oder wenn von Außen auf unsern Körper eingewirkt wird. Wir empfinden die Existenz unserer eigenen Kraft, wenn wir einen Zug oder Druck ausüben; wir wissen aus der Erfahrung, daß durch anhaltende Thätigkeit eines solchen Zuges oder Druckes Bewegungen hervorgebracht werden, und wir schließen nun daraus, daß die unmittelbare Aeußerung einer jeden Kraft in einem

Druck oder Zug bestehe und daß jede Bewegung oder Bewegungsänderung nur in Folge einer Zug- oder Druckänderung irgend einer Kraft entstanden sein kann.

Eine vollkommene Berührung der Körper findet aber nicht immer statt, folglich ist auch unmittelbarer Zug oder Druck nicht immer möglich. Da wir nun trotzdem gewahren, daß die Körper dennoch auf einander wirken, so sind wir dadurch gezwungen eine „Wirkung in die Ferne“ anzunehmen. Wir nehmen dieselbe als Thatsache an, ohne uns hier in Untersuchungen einzulassen, ob und inwiefern dieselbe überhaupt möglich sei*).

Daß aber auch diese Art von Kraftäußerung in einem Druck oder Zug bestehe, darüber giebt uns der Tasts- oder Kraftsinn unmittelbaren Aufschluß. Denn wenn wir versuchen, mit unserer Hand das Fallen eines Steines, die Annäherung eines Eisenstückes an einen Magnet, die Entfernung zweier gleich electricirter Körper zu verhindern, so fühlen wir, daß auch hier die unmittelbare Kraftäußerung in einem Zug oder Druck besteht, den wir direct ausüben müssen. Einen Zug aus der Ferne nennen wir aber Anziehung, einen auf Entfernung wirkenden Druck Abstoßung.

Für diese zwei, polar entgegengesetzten Principe der Attraktion und Repulsion bedürfen wir eines doppelten Trägers. Denn es ist nicht anzunehmen, daß ein Körper zugleich attraktiv und repulsiv auf ein Gleichartiges wirken könne. Es bedarf dazu eines Gegenjages in der Körperwelt ebenso, wie in der Kraftäußerung an sich — da wir die Kraft als der

*) Daß eine Reihe von Physikern, selbst Newton in der älteren Periode, sowie die Herbart'sche Schule (Hartenstein, Drobisch, Cornelius etc.) die Wirkung in die Ferne leugnen, kann unsere Betrachtungsweise nicht ändern. Sie kann dieselbe nur noch insofern vereinfachen, als die Herbartiner alle Wirkung aus unmittelbarer Berührung der Atome erklären.

Materie immanent aber nicht von außen willkürlich angefügt betrachten, „also nicht etwa so, daß sie frei über dem Stoff schwebte, und sich beliebig mit ihm vermählen könnte.“

Diese Anschauungsweise führt direct zu der neueren atomistischen Theorie, wie sie nach dem Vorgang der französischen Mathematiker und Physiker von Redtenbacher*) ausgebildet wurde.

Wir haben schon im zweiten Briefe angeführt, daß wir die Körper aus kleinen letzten Theilchen bestehend annehmen, die sich in ihren Wirkungen wie untheilbare Einheiten verhalten und als physische Punkte zu behandeln sind, indem wir im Schwerpunkt der Atome ihre Masse und Kraft concentrirt denken können, sofern ihre räumlichen Abmessungen im Verhältniß zu ihren Entfernungen im Raum unendlich klein angenommen werden dürfen.

Das, was die Chemie Elemente oder einfache Stoffe nennt, weil sie dieselben nicht weiter zerlegen kann, sind jedenfalls noch keine Elemente. Es ist gar nicht zu bezweifeln, daß es später gelingen wird, die Zahl dieser chemisch einfachen Stoffe immer mehr zu verringern, bis man zuletzt auf einige wenige gelangen wird, deren Wesen so homogen ist, daß wir sie als wahre Grundstoffe oder als Urstoff betrachten müssen. Von weiteren Untersuchungen hängt dann ab, ob diese chemisch einfachen Stoffe auch wirklich mechanisch einfach, d. h. noch weiter, und so bis in's Unendliche fort theilbar sind oder nicht, oder ob diese Theilbarkeit nur bis zu einer gewissen Grenze geht. So lange die Untersuchung nicht bis zu diesem Punkte geführt ist, haben wir anzunehmen, daß die chemisch einfachen Stoffe wirklich aus kleinen Theilchen bestehen, die sich in allen ihren Wirkungen wie untheilbare Einheiten, d. h. wie Atome verhalten.

*) Principien der Mechanik. II. Abschnitt.

Um mittelst der Atome die Erscheinungen der Körperwelt zu erklären, müssen wir dieselben mit ganz bestimmten Eigenschaften begabt denken. Alle Atome müssen darin übereinstimmen, daß sie aus träger Masse bestehen und mit Kraft begabt sind. Sowohl nach den Kräften als nach dem Massen-gehalt sind die Atome in zwei Klassen zu theilen: in Körper- und Aether-Atome.

Die Körperatome, deren es so viele Arten giebt, als die Zahl der chemisch wirklich einfachen Stoffe beträgt, sind die Träger des attractiven, die Aetheratome, deren es nur eine Art giebt, sind die Träger des repulsiven Princip's.

Die Körperatome wirken demnach gegen ihres Gleichen, wie auch gegen die Aetheratome nur anziehend. Die Aetheratome dagegen wirken auf ihr Gleichartiges nur abstoßend, auf die Körperatome dagegen attractiv, weil sie von diesen gleichfalls angezogen werden. Dabei ist ferner anzunehmen, daß der Massengehalt und das Volumen der Aetheratome viel Mal kleiner sei, als das der Körperatome, so daß sich letzteres zu ersterem ungefähr verhält, „wie die Erde zu einem einzelnen Lufttheilchen der sie umgebenden Atmosphäre“.

Den Erfahrungen der Physik und Chemie gemäß besitzen die Körperatome drei sich verschieden äußernde Attractivkräfte, die als Schwere, als Cohäsion und als chemische Anziehung erscheinen.

Vermöge der Schwere ziehen sich die kleinsten Körpertheilchen, wie die größten planetarischen Massen mit einer Intensität an, welche von der Art der Stoffe ganz unabhängig ist, dem Produkt der anziehenden Masse direct, der zweiten Potenz der Entfernung verkehrt proportional ist. Dieses Gesetz wurde von Newton gefunden.

Vermöge der Cohäsion ziehen sich homogene Körpertheilchen mit einer Intensität an, welche von der materiellen Beschaffenheit der Stoffe abhängt,

aber nur bei ganz unmerkbar kleinen Entfernungen der Theile eine wahrnehmbare Wirkung hervorbringt, die sich als Krystallisation zc. äußert.

Vermöge der chemischen Verwandtschaft ziehen sich endlich nur heterogene Stoffe, also die chemisch einfachen Elemente, ebenfalls nur in unmeßbar kleinen Entfernungen gegenseitig an. Ihre Intensität hat für verschiedene Substanzen verschiedenen Werth.

Für die Aetheratome nimmt Redtenbacher nur Eine Repulsivkraft an, die er die „umgekehrte Schwere“ nennt.

Durch die Annahme dieser drei attraktiven und einer repulsiven Kraft sind nun folgende Combinationen möglich.

Identische Körperatome ziehen sich an, theils in größerer Entfernung, wegen der Schwere, theils in unmeßbar kleiner Entfernung wegen der Cohäsion. — Heterogene Körperatome sind gegen einander schwer, und ziehen sich chemisch an. — Körper- und Aetheratome sind gegen einander nicht schwer, sondern ziehen sich nur mit einer Kraft an, welche der chemischen Verwandtschaft ähnlich oder gleich ist. — Die Aetheratome stoßen sich nur einander ab.

Die Gesetze der Wirkungs-Intensität der Cohäsion und des Chemismus, sowie der Aetherrepulsion kennt man noch nicht näher. Das, was Gölthe die Steigerung der Materie nennt, würde aber seinen unmittelbaren Ausdruck in der Hypothese finden, die W. Weber darüber aufgestellt hat. Er nimmt nämlich an, daß die Attraktivkraft als Schwere, als Cohäsion und chemische Anziehung dieselbe Kraft sei, die sich nur, je nach der Entfernung der Atome, verschieden äußere und zwar in einer Reihe von Potenzen, welche in eben dem Maße wachsen, als die Entfernungen selbst abnehmen.

Soviel ist gewiß, daß die Cohäsion nicht der

zweiten, sondern einer höheren Potenz der Entfernung verkehrt proportional sein muß, und daß die chemische Verwandtschaft wiederum intensiver sich zeigt, als die Cohäsion.

Hierzu fügen wir noch Folgendes. Vermöge der Repulsivkraft verbreitet sich der Aether im ganzen Weltraum, doch vermöge der Attraktion sammeln sich einzelne Aetheratome, um jedes Körperatom und bilden um dieses eine atmosphärenartige Hülle. Die Form dieser Aetherhülle und die Art der Gruppierung der Atome in derselben ist das Resultat eines Gleichgewichtszustandes zwischen den attraktiven und repulsiven Kräften der Atome.

Treten mehrere Körperatome mit ihren Aetherhüllen zu einer stabilen Gleichgewichtsgruppe zusammen, so erhalten wir ein Molekül. Die Atomgruppierung kann dabei eine verschiedene sein, es entsteht also schon dadurch eine Mannigfaltigkeit von Gebilden, die noch erhöht wird, wenn Moleküle zu Gruppen zusammentreten, diese wieder zu neuen Gleichgewichtsgruppen höherer Ordnung u. s. f. Hierzu kommt noch die Verschiedenheit der chemisch einfachen Stoffe an sich, welche bedingt, daß ungleichartige Moleküle sich chemisch verbinden können.

Man sieht daraus, daß auf diese Weise eine unendliche Mannigfaltigkeit der Stoffbildung möglich wird, welche nur insofern allenthalben gleich ist, als die Atome sich nie direct, sondern nur mittelst ihrer Aetherhüllen, berühren, daß also die Körper nicht als ein Continuum von unmittelbar zusammenhängenden Körperatomen zu betrachten sind, sondern als Gruppen von Atomen, die sich immer, vermöge ihrer Aetherhüllen, in einer gewissen Entfernung halten, die für uns allerdings unmeßbar klein und unbemerkbar ist.

Dadurch allein sind die Vorgänge bei der chemischen Verbindung, sind die Aggregatzustände des

Festen, Flüssigen und Luftförmigen, ist die Durchsichtigkeit der Körper, ihre Leitungsfähigkeit für Wärme und Electricität u. s. f. erklärbar.

Diese, in ihren Consequenzen vollkommen logische, in ihrer Ausbildung beinahe vollendete Atomtheorie, weiter zu verfolgen, ist hier unmöglich. Sie ist aber die einzige, welche dem Physiker eine Erklärung der Erscheinungen in ihrem Zusammenhang möglich macht; welche die Physik und Chemie unter einem Gesichtspunkt zusammenfaßt und Beide als ein Ganzes erscheinen läßt. Die Annahme des Aethers giebt uns ferner die Möglichkeit an die Hand, die Licht- und Wärme-Erscheinungen zu erklären, und wird uns auch zuversichtlich dahin führen, die Erscheinungen der Electricität und des Magnetismus bis zu ihrer Entstehung zu verfolgen.

Daß aber die atomistische Theorie keine willkürliche Erfindung der Phantasie sei, sondern daß die Thatsachen der Wirklichkeit zu ihrer Annahme berechtigen, wenn nicht zwingen, hat Redtenbacher in einer meisterhaften Entwicklung bewiesen, die wir die Synthese des Kosmos nennen möchten. Er hat nachgewiesen, daß die Natur dieses immerhin noch complicirten Apparates von Kräften und Gesetzen bedarf, um eine, unseren vernünftigen Zwecken angemessene Welt zu bilden. Er hat die Construction des Weltgebäudes nach dieser Hypothese verfolgt, und im Gedanken noch ein Mal bis zum Detailbau durchgeführt.

Uns würde die Verfolgung und Durchführung der atomistischen Theorie hier zu weit führen. Wir haben sie nur angedeutet, soweit sie unseren Zwecken diene. Daß wir derselben aber zu unseren ferneren Betrachtungen bedürfen, wird sich sogleich zeigen. Durch die atomistische Theorie wird die Elasticität der Körper, so wie die Möglichkeit erklärt, daß in den Körpern Schwingungen entstehen können,

und der Schall dadurch sowohl erzeugt, als fort-
gepflanzt werden kann.

„Denn kein Phänomen erklärt sich an und aus
sich selbst. Nur Viele zusammen überschaut, metho-
disch geordnet, geben zuletzt Etwas, das für Theorie
gelten kann!“

Vierter Brief.

Elasticität. Schwingungen, Wellen.

Das eben ist das Eigenthümliche der Naturforschung, daß sie in den gewöhnlichsten Erscheinungen ein Problem sieht; daß der Physiker in einer Welt der Räthsel wandelt, wo für den unbefangenen Menschen sich Alles von selbst versteht.

D o v e.

So lange wir den vollen Kreis der Bedingungen und Gesetze nicht durchschritten haben, der eine besondere Erscheinungswelt in sich abschließt — so lange können wir nicht sagen, daß wir die darin enthaltenen Phänomene verstehen. Oder, wenn wir eine Rückert'sche Vierzeile zu Gunsten unserer Briefe interpretiren wollen:

Oh es sich ründet in einen Kreis
Ist kein Wissen vorhanden;
„Wer vom Mechanischen Nichts weiß,
Hat die Akustik nicht verstanden.“

Wer die Wahrheit dieses Satzes bezweifelt, der weiß eben noch nicht, daß er sich in einem Concertsaal mitten in einem mechanischen Proceß befindet, der in und außer ihm arbeitet und ihm den Befehl „von der Erhaltung der lebendigen Kraft“

auf seinem eigenen Trommelfell demonstriert. Der Zweifler scheint auch vergessen zu haben, daß seine Seele im Verborgenen ein mathematisches Problem löst, während er zu hören glaubt.

Freilich wäre es angenehmer und bequemer, sich mitten in das wogende Tonmeer hinauszustürzen und darin nach Herzenslust zu schwärmen und zu phantasiren. Wer darnach Sehnsucht hat, der greife nur getrost in die musikalisch-belletristische oder ästhetisch-kritische Literatur hinein und er wird einen reichen Fischzug thun! — Wer aber die Erkenntniß den Phantastebildern vorzieht, der wird sich nicht eher in die Wogen der Töne hinausstürzen, bevor er schwimmen gelernt hat. — Wir bedürfen zu unserm, wie zu jedem Bau, eines Fundamentes, zur weiten Reise mancherlei Vorbereitungen und eines guten Führers. Und die Mechanik ist eben die Meisterin, die ihre Jünger niemals rathlos läßt. Sie hat uns die Bewegungsgeetze mit auf den Weg gegeben, als sichersten Leitfaden im Labyrinth der Töne. Und schon sind wir näher am Tonmeer, als Mancher glaubt. Ein kundiges Ohr hört bereits sein Brausen — denn wir stehen am Gebiet der Wellen.

Schon Aristoteles erkannte sehr richtig, daß der Ursprung und die Fortpflanzung des Schalles auf eigenthümlichen Bewegungserscheinungen beruhe. Die Ursache, Natur und Art dieser Bewegungen war ihm noch verborgen. Wir wollen versuchen, uns darüber möglichst klar zu werden.

Der sichtbaren Massenbewegung im Raum steht die, theilweise unsichtbare, Molekularbewegung im Innern der Körper gegenüber. Die erstere ist es, welche sich als Ortsveränderung kundgibt, welche unsere Erde, unser Planetensystem und immer höher hinauf alle Sonnen- und Sternensysteme, folglich die Welt im Großen und Ganzen, ordnet und erhält. Die Molekularbewegung dagegen giebt sich, sobald

sie an den Körpern überhaupt sichtbar wird, als Veränderung des Volumens, der Form, der Struktur der Körper zu erkennen. Sie regelt die Gruppen und Erscheinungen im Einzelnen, sie fügt den Bau im Kleinen zusammen, auf dem die Existenz und Selbstständigkeit des Individuum beruht. Man könnte daher die Molekularbewegung eine individuelle Thätigkeit nennen, während man die Massenbewegung im höheren Sinne eine kosmische nennen dürfte. Durch Cohäsion, chemische Verwandtschaft und Repulsivkraft des Aethers bedingt, gruppieren sich die Atome und Moleküle, lösen und verbinden, sind bewegt und belebt, und bilden eine Welt im unendlich Kleinen. Wenn somit die Existenz des Individuum möglich wird, fragt es sich, wie durch Molekularthätigkeiten die individuellen Erscheinungen und Veränderungen hervorgerufen werden können.

Hier tritt uns die merkwürdige Thatsache entgegen, daß, je unmeßbar kleiner, je näher an der Grenze des sinnlich Wahrnehmbaren die Molekularactionen sind, sie desto näher an das unsichtbare Gebiet der Geistes thätigkeiten streifen. Schall, Wärme, Licht und Electricität — die vier Elemente der Sinnes thätigkeit, wie wir sie nennen möchten — sind Nichts, als verschiedene Folgen einer Molekularaction, die wir im Allgemeinen Schwingung nennen. Gewisse Schwingungen der Körperatome bedingen den Schall. Er ist, weil der Körperwelt angehörnd, das größte, sinnlichste und daher meßbarste der vier Elemente. Die Schwingungen des unendlich feinen, unwägbaren und nimmer ruhenden Aethers, der das ganze Weltall erfüllt, verbindet und auseinander hält und jeden einzelnen Körper unwiderstehlich durchdringt — diese Schwingungen rufen die Erscheinungen der Wärme, des Lichtes und der Electricität hervor. Erscheinun-

gen, die man früher imponderable Stoffe nannte. Sie sind aber keine Stoffe, sondern Thätigkeiten des Aethers, so wie der Schall kein Stoff, sondern nur eine Folge gewisser Thätigkeiten der ponderablen Körperwelt ist.

Die Wärme steht dem Schall insofern am nächsten, als bei dieser die Aetherschwingungen zwar rasch genug sind, um fühlbar, aber noch nicht rapid genug, um sichtbar zu werden. Nimmt aber die Schnelligkeit der Schwingungen zu, und regeln diese sich nach gewissen Gesetzen (die man bereits beim Licht durch Rechnung verfolgen kann, während wir bei der Wärme und Electricität vorerst den gesetzmäßigen Zusammenhang nur vermuthen) so sehen wir die Schwingungen als Licht. Die Electricität endlich ist fühlbar und sichtbar, bewegt und bewegend zugleich — sie steht der Nerventhätigkeit, als unmittelbarem Diener des Geistes, am nächsten, und daher unserer Berechnung am entferntesten, weil es bisher nur gelang, die Folgen, aber nicht die primitiven Ursachen dieser Erscheinungen zu erkennen. Deshalb ist durch die Electricität und die damit zusammenhängenden Erscheinungen des Magnetismus und Somnambulismus — auch das Reichenbach'sche Od nicht zu vergessen — der Phantasie ein weiter Spielraum eröffnet, der denn auch von Gläubigen, Schwärmern und Betrügnern als willkommenes Tummelplatz „des Wahnsinns, der Methode ist“, breitgetreten wird. — Beim Schall und Licht stehen wir aber auf dem unerschütterlichen Fundament der Mathematik, an der Hand der Mechanik, dem besten Geisterbanner, so daß wir hier glücklicherweise der Fieberphantasien des „zweiten Geschlechts“ und der „höheren Offenbarung“ nicht bedürfen, um in das Wesen der Erscheinungen einzudringen.

Der Schall, mit dem wir uns hier zu beschäftigen haben, bedarf mancherlei Bedingungen und

Voraussetzungen zu seiner Entstehung, selbst wenn wir von der Fortpflanzung und Wahrnehmung noch ganz absehen. Zur Entstehung des Schalles ist vor Allem erforderlich, daß irgend ein bewegter Körper gegen einen anderen Körper stoße, d. h. ihm durch unmittelbare Berührung einen Theil seiner lebendigen Kraft mittheile. Dadurch wird ein Impuls erzeugt, welcher durch den gestoßenen Körper selbst, oder nach geschehener Mittheilung an einen dritten, gewöhnlich durch die Luft bis zum Ohr unter gewissen Voraussetzungen als Schall fortgepflanzt werden kann.

Wären die Körper nicht elastisch, so könnte durch den Stoß so wenig, wie durch andere Störungen des Gleichgewichtes der Moleküle, jemals ein Schall erzeugt werden. Denn, hätten wir uns die Körper vollkommen hart oder unelastisch, so könnte durch den Stoß Nichts hervorgebracht werden, als eine Massenbewegung. Aber weder diese an sich, noch viel weniger die Ruhe, die durch Stoß und Gegenstoß erzeugt werden kann, würde jemals einen Schall hervorbringen können. Die Elasticität der Körper ist folglich die zweite Grundbedingung der Schallentstehung, weil in Folge derselben der Stoß, als erste Grundbedingung, allein im Stande ist, eine Molekularaction zu erzeugen.

Der Grund dafür ist in der inneren Struktur der Körper zu suchen. Sobald sich die Moleküle ein Mal zu einer Gleichgewichtslage gruppirt, und nach den Gesetzen der KrySTALLISATION, des CHEMISCHUS u. c., geordnet haben, halten sie diese Ordnung streng fest, so lange sie können. Man sagt daher, daß die festen Körper ihrer Natur nach eine stabile Constitution besitzen. Greift nun eine äußere Störung (Druck, Zug oder Stoß) diese Constitution an, indem eine Erschütterung u. c. sucht, die Lage der Moleküle zu ändern, sie gegenseitig zu verschieben,

zu entfernen, zu nähern u. c., so äußern sie dagegen eine Reaction, die wir ihre Elasticität nennen. Versucht aber eine äußere Kraft durch Zerreißen, Zerbrechen, Zerdrücken oder Zerdrehen die Moleculen vollkommen zu trennen, also ihre Cohäsion aufzuheben, so äußern sie dagegen einen Widerstand, den man im Allgemeinen die Festigkeit der Körper nennt. Elasticität und Festigkeit stehen natürlich in Beziehung zu einander, und die Ausdrücke: hart und weich, dehnbar und spröde, fest und locker, elastisch und unelastisch — bezeichnen die darauf bezüglichen Eigenschaften der Körper.

Die Erscheinungen der Elasticität sind also, nach unserer Annahme, eine Folge der Ortsveränderung der kleinsten Theilchen, die, sobald sie äußerlich überhaupt sichtbar wird, als Form- oder Volumänderung sich kundgibt. Vermöge der Elasticität suchen die Körper, wenn sie durch Druck oder Stoß comprimirt, oder durch Zug ausgedehnt sind, ihre erste Form wieder anzunehmen und das frühere Volumen wieder herzustellen. Sie entwickeln dabei eine gewisse Thätigkeit, die man im gewöhnlichen Leben Federkraft (Spannkraft, Schnellkraft, Schwingkraft) nennt, die aber keine einfache Kraft, sondern bereits eine Wirkungsgröße ist, eine Folge der durch äußere mechanische Einwirkung entwickelten Bewegung.

Es gibt eine Reihe von Abstufungen der Elasticität, die man innerhalb der Grenzen von vollkommen elastisch und vollkommen unelastisch zusammenfaßt, wobei man als Repräsentanten beider Extreme gewöhnlich das Elfenbein und Blei anführt. Aber streng genommen giebt es beide Extreme nicht. Jeder Körper ist in gewissem Grade elastisch zu nennen, wenn auch so unmerkbar, daß er uns als unelastisch erscheinen kann.

Ebenso ist es Thatsache, daß durch mechanische

oder chemische Einwirkungen die Struktur der festen Körper und somit auch ihre Elasticität geändert werden kann.

Wir haben sogleich zu bemerken, daß feste Körper eine doppelte Elasticität besitzen, eine solche, die auf der inneren Spannung der Körpertheilchen unter sich beruht und eine solche, die erst durch äußere Spannung oder Zusammendrückung hervorgerufen wird. Die erstere heißt die natürliche, die letztere die vergrößerte Spannung der Körper. Zu den Körpern, welche durch innere Steifigkeit an sich schon elastisch sind, gehören die Metalle, das Glas, Holz u., zu den, erst durch äußere Spannung elastisch werdenden rechnen wir die Membranen, Felle, Saiten und Fäden aller Art. Man übersieht, daß die erste Gruppe im Allgemeinen durch spröde und harte, meist krystallinisch geordnete Körper, die zweite Gruppe durch dehnbare, biegsame und weiche Körper, meist vegetabilischer und animalischer Natur gebildet wird.

Auf die Größe und Art der einwirkenden äußeren Kraft, so wie auf die Natur des elastischen Körpers kommt es endlich an, ob die Elasticitätsgrenze überschritten wird oder nicht; d. h. ob eine bleibende oder nur vorübergehende Aenderung in der Form der Körper hervorgerufen wird. Wenn die angewendete Kraft, welche die Form des elastischen Körpers ändert, innerhalb der Elasticitätsgrenzen bleibt, so verhalten sich die Größen der hervorgebrachten Veränderungen so, wie die angewendeten Kräfte. Kein Körper ist zur Tonerregung vollkommen untauglich, da keiner vollkommen unelastisch ist.

Wodurch geschieht es aber, daß diese Molekularveränderungen der Körper, die doch nichts Anderes sind, als Ortsveränderungen der kleinsten Theile, sich

weder als diese, noch als bleibende Volums- oder Formänderung zeigen? — Weil diese Ortsveränderung keine fortschreitende, sondern eine periodisch wiederkehrende Bewegung ist, die entweder eine schwingende oder eine rotirende sein kann. Man nennt diese periodischen Bewegungen im Allgemeinen Schwingungen (Oscillationen, Vibrationen), Rotationen oder Wellen (Undulationen) je nach der Bewegungsart, welche die Körper annehmen, wobei ihre Theilchen entweder in geraden oder krummen Linien hin und hergehen oder rotiren, oder auf- und niedersteigen. Diese periodischen Bewegungen können sowohl an der Oberfläche der Körper, als auch in ihrem Innern stattfinden und bewirken demnach bald eine sichtbare Veränderung in der Körpergestalt, bald nur eine unmerkliche Molekularbewegung. Die erste Art der Bewegung findet nie statt, ohne daß sie von der letzteren begleitet ist — wir finden sie bei den Körpern, welche durch äußere Spannung die Elasticität erhalten. Dagegen können die, durch innere Spannung an sich elastischen Körper, in schwingende Bewegung versetzt werden, ohne daß ihre Gestalt merklichen Veränderungen unterworfen ist.

Daß äußerlich gespannte Körper beim Tönen schwingen, weiß wohl Jedermann. Man braucht nur eine tönende Saite, einen fest eingeklemmten schwingenden Stab, den Schenkel einer mit ihrem Stiele festgestimmten, angeschlagenen Stimmgabel zu betrachten, und man sieht unmittelbar die Oscillationen der tönenden Körper. Daß aber innerlich gespannte Körper ähnliche Vibrationen erleiden müssen, wenn sie tönen sollen, daß die Moleküle eines freihängenden Stabes, einer Platte, einer Glocke u. ebenfalls im Innern schwingen, ist durch bloßes Betrachten nicht zu erkennen. Die Schwingungen der Moleküle

im Innern folgen auch anderen Gesetzen, als die Schwingungen an der Oberfläche der Körper, denn erstere folgen den Gesetzen, welchen die Luftschwingungen unterworfen sind, letztere nicht. In gleicher Weise ist die Wellenbewegung des Wassers und anderer tropfbarer Flüssigkeiten, von den Schwingungen zu unterscheiden, welchen ihre Massentheilchen als elastische Körper schon an sich unterworfen sind. Man sieht daraus, daß man mit dem Begriff: „Schwingung“ sogleich eine ganze Reihe von Erscheinungen und Gesetzen erhält, aus der wir hier nur die herausheben können, deren wir für die Folge unmittelbar bedürfen.

Von welcher Wichtigkeit und Allgemeinheit aber die periodischen Bewegungen in der Natur sind, erkennen wir sogleich, wenn wir bedenken, daß nicht nur die Wellenbewegung des Wassers, die Bewegungen fester Körper, die der Luft, die wir Schall nennen, nicht nur die Bewegung des Aethers, auf welchen die Licht-, Wärme- und Electricitätserscheinungen beruhen — sondern auch die Bewegung der Planeten um die Sonne in die Klasse der periodischen gehört. Denn wenn wir auch, von unserem Standpunkte aus, die Planetenbewegung eine kosmische nennen müssen, so ist sie, vom Standpunkt des Universum's aus, nur eine molekulare zu nennen. Wie sich ein Körperatom zur ganzen Erde verhält, so verhält sich die Erde zum All — diese Proportion ist nicht bildlich, sondern thatsächlich zu verstehen. Bei einer solchen Auffassungsweise sind wir denn auch gezwungen, den geschlossenen Weg, den die Erde um die Sonne beschreibt und in einem Jahre ein Mal vollendet, eine bloße Molekularerscheinung zu nennen.

Die klarste Vorstellung des Verhaltens der Körper bei der Erzeugung des Schalles gewährt der

Anblick einer ziemlich schwach gespannten Saite, wenn man sie in der Mitte aus ihrer geraden Richtung zieht, dann zurückschnellen und oscilliren läßt, so daß ein tiefer Ton entsteht. Hierbei sieht man deutlich, daß die Saite an beiden Enden auf den Befestigungspunkten (Stegen) ruht, in ihrer Mitte aber pendelartig schwingende Bogen durchläuft, so daß man sie als zwei gleiche, in der Mitte vereinte Pendel betrachten kann, bei denen die Spannung statt der Schwere wirkt, und zwei Aufhängepunkte, aber nur ein Schwingungsmittelpunkt vorhanden ist. Ein ähnliches Verhalten zeigen alle schallenden Körper, wenn auch minder deutlich. Man führt daher mit Recht den Ursprung der Töne insgesamt auf pendelartige Schwingungen zurück. Man nennt dabei die Ruhepunkte Schwingungsknoten, die vibrirenden Theile Schwingungsbogen und unterwirft demnach den ganzen Proceß einer geometrischen Construction.

Welcher Art die Pendelschwingungen sind, kann Jeder beobachten, wenn er den Perpendikel einer Wanduhr oder das Pendel eines Metronoms genau betrachtet. Diese Schwingungen sind gleichmäßig hin- und wiederkehrende, in einer gleicher Zeit erfolgende, oder isochronische. Ein ganzer Hin- oder Hergang heißt eine einfache Schwingung, die Dauer derselben, die Schwingungszeit. Die Bewegung innerhalb einer solchen Schwingungseinheit ist aber eine ungleichförmig beschleunigte. Denn an den beiden höchsten Punkten, bis zu welchen der Pendel sich aufschwingt, um sodann auf demselben Weg zurückzukehren, ist der Pendel in Ruhe, am tiefsten Punkt, den er zufolge der Schwere einnehmen würde, wenn er überhaupt nicht oscillirte, hat er während der Oscillationen gerade die größte Geschwindigkeit. Diese tiefste Stel-

lung nennt man die Gleichgewichtsposition im Zustande der Ruhe. Der Pendel sucht fortwährend in diese zurückzulehren. Sein Vorhaben gelingt ihm aber nicht dauernd. Er schießt über das Ziel hinaus, und oscillirt somit hin und her um die Gleichgewichtsposition.

Bei der Bewegung des Pendels bleibt die gegenseitige Lage der Theile desselben unverändert. Bei schwingenden gespannten Körpern muß sich aber die gegenseitige Lage der Moleküle in jedem Moment zugleich mit ändern, in Folge der inneren Kräfte, welche die Gleichgewichtsposition fortwährend herzustellen suchen. Man hat also hier nicht nur die Oscillation eines einzelnen Punktes, sondern auch die Veränderung in der gegenseitigen Lage der Theilchen zu betrachten. Die Oscillation der einzelnen Theilchen eines Körpers kann von der Art sein, daß alle Theile gleichzeitig in Bewegung gerathen, gleichzeitig die Gleichgewichtsposition passiren, gleichzeitig die Grenzen ihrer Oscillation erreichen und gleichzeitig ihren Rückweg wieder beginnen. Von solcher Art sind die, von uns bis jetzt betrachteten Oscillationen eines an einem Ende eingeklemmten Stabes, einer zwischen zwei festen Punkten ausgespannten Saite &c. Alle diese Schwingungen hat W. Weber stehende Schwingungen genannt, weil sie in der That an einem Punkte verharren und niemals vorwärts schreiten. Die stehenden Schwingungen sind es, welche den Ton erzeugen.

— — — Sollten hier unsere Leser in gerechter Ungeduld verzweifeln und das Weiterlesen der akustischen Briefe auf immer verschwören wollen so sei ihnen hier bemerkt, daß eine Dame sie in Ausdauer und Geduld bei Weitem übertroffen hat. Denn eine Pariser Dame, Demoiselle Sophie Germain, war es, welche die Schwingungsgesetze zuerst genau

und streng untersuchte, mathematisch begründete und sogar mit neuen Beobachtungen bereicherte, so daß sie dafür den höchsten mathematischen Preis der Pariser Academie gewann! Als nämlich 1809 die Versuche Chladni's so große Aufmerksamkeit erregten, daß sie den Kaiser Napoleon sogar vermochten, zwei Stunden lang sich dieselben von Laplace vorzeigen und erläutern zu lassen, setzte das Institut francais einen Preis von 3000 Francs für eine analytische Lösung des Problems der Schwingungen elastischer Scheiben fest. Zwei Mal wurde diese Aufgabe vergebens wiederholt, bis 1816 Sophie Germain die Einzige war, welche dem Institut eine entsprechende Abhandlung einreichte und den Preis dafür erhielt*). — — — Durch diese Anekdote als Intermezzo gestärkt, wollen wir den dürren Weg unserer Betrachtung weiter verfolgen und zwar, um galant zu sein und den Ungeduldigen zu beruhigen, an der Hand einer zweiten Dame, deren geistreiche Betrachtungsweise uns den Weg verkürzen mag.

Wenn die Oscillation der einzelnen Körperteilchen der Art ist, daß sie nicht allenthalben gleichzeitig geschieht, sondern von Theilchen zu Theilchen fortschreitet, so daß jedes folgende Theilchen zwar dieselben Oscillationen macht, wie das vorhergehende, nur mit dem Unterschiede, daß es seine Bewegung später beginnt — so nennt man diese Oscillationen fortschreitende Schwingungen, die wohl zu unterscheiden sind von der fortschreitenden Bewegung der Körper. Denn bei den fortschreitenden Schwingungen, die auch Wellen genannt werden, bleibt der Körper selbst an seinem Ort, auch jedes Theilchen desselben wirkt nicht dauernd vor- oder rückwärts, sondern die Welle schreitet nur scheinbar

*) Mémoires de l'Institut francais. T. VIII. p. 523.

fort. Die fortschreitenden Schwingungen sind es, welche den Ton fortpflanzen. Um uns von diesen Schwingungen ein anschauliches Bild zu verschaffen, um zu begreifen, wie die Wellen überhaupt entstehen können, wollen wir uns nach verwandten Erscheinungen umsehen. Wir wählen dazu Miß Maria Somerville als Führerin, die uns, in ihrem ersten anziehenden Werk*), darüber den sinnigsten Aufschluß giebt, und benutzen Dove's freie Uebertragung **).

Wenn ein Windhauch über ein Kornfeld streicht, so sehen wir eine Welle über dasselbe fortschreiten. Dieses Fortschreiten ist aber nur ein Schein; jeder Halm beugt sich unter dem Drucke des Windes, einer nach dem andern, aber er richtet sich wieder auf, um an derselben Stelle das Spiel von Neuem zu beginnen. Denn, in Folge der Elasticität der Halme steht jede Aehre nicht nur wieder auf, sobald der Druck verschwunden ist, sondern beugt sich auch fast eben so weit in entgegengesetzter Richtung rückwärts, und fährt dann fort, vorwärts und rückwärts zu schwingen, wie ein Pendel. Diese Schwankungen sind dieselben für jede einzelne Kornähre. Da jedoch ihre Schwingungen nicht zu gleicher Zeit anfangen, sondern nach und nach — weil der Wind doch an irgend einer Stelle seinen Druck beginnen muß und nur mit einer mäßigen Geschwindigkeit über das Kornfeld hinstreicht — so werden die Aehren in irgend einem Augenblick eine Mannigfaltigkeit von Stellungen haben. Einige der, sich vorwärts beugen-

*) On the connexion of the physical sciences. In der deutschen Uebersetzung von Ribben: „Ueberblick der physikalischen Wissenschaften in ihrem Zusammenhange“. p. 137.

***) „Die neuere Farbenlehre, mit anderen Chromatischen Theorien verglichen“ (Pag. 18) und „Ueber Wirkungen aus der Ferne“ von G. W. Dove (Pag. 7).

den Aehren werden andere treffen, die eben rückwärts schwanke; und da die Schwingungszeiten für alle gleich sind, so werden die Aehren in regelmäßigen Zwischenräumen zusammengedrängt werden. In die Mitte zwischen diese Stellen der größten Dichtigkeit der Aehren, werden Stellen fallen, wo die Aehren gelichtet stehen, indem sie nach entgegengesetzter Richtung gebeugt werden; in anderen ebenfalls gleichen Zwischenräumen, werden endlich Stellen vorkommen, wo die Halme bei aufrechter Stellung ihre natürliche Entfernung, im Zustand der Ruhe, einen Moment wieder erhalten. Das ganze Feld wird also eine regelmäßige Folge von Ausloekerungen und Verdichtungen zeigen, die mit der Geschwindigkeit des Windes über dasselbe fortschreiten. Diesen Aenderungen zu Folge — sagt M. Somerville — wird das Feld wie mit hellen und dunklen Bändern gezeichnet erscheinen.

Man sieht ein, daß die aufeinander folgenden Wellen gänzlich verschieden und durchaus unabhängig sind von der Weite der Oscillationen jeder einzelner Aehre, obgleich beide Bewegungen in derselben Richtung stattfinden. Die Länge einer Welle ist gleich dem Raume zwischen zwei Aehren, welche sich genau in dem gleichen Zustande der Bewegung befinden. Die Zeit, welche zwischen der Ankunft zweier aufeinander folgenden Wellen an demselben Punkte verfließt, ist aber der Schwingungszeit einer Aehre gleich.

Derstedt *) giebt uns ein anschauliches Bild einer zweiten Wellenbewegung. Versetzt man nämlich einer langen, nicht zu straff gespannten Schnur an ihrem einen befestigten Ende einen Stoß aufwärts, so wird sich in der kurzen Zeit des Stoßes die Bewegung noch nicht der ganzen Schnur mittheilen, son-

*) „Der mechanische Theil der Naturlehre“ von H. C. Derstedt, 2d. v. Meyn 1851. Pag. 281.

dern nur das, um den gestoßenen Punkt zunächst liegende Stück wird an der Bewegung Theil nehmen und einen Bogen bilden. Aber in dieser Stellung kann die Schnur nicht bleiben. Die äußere Spannung der Schnur strebt, alle Theile des gebildeten Bogens herabzuziehen, während diese bewegten Theile ihrerseits streben, die nächsten Punkte des noch nicht gebogenen Stückes der Schnur mit sich in die Höhe zu reißen. Hierdurch geschieht es, daß zwar nach und nach der zuerst aufwärts gebogene Theil wieder in seine gespannte ruhige Stellung sich zurückbeiegt, daß aber die Biegung vorwärts schreitet, so daß ein Punkt nach dem andern im vorderen Theile des Bogens zum Gipfel desselben wird. So setzt sich die Bewegung des Wellenberges fort, bis die Biegung an das andere Ende kommt. Hier erst kehrt sich die am Seil hinlaufende Welle um, sie wird reflectirt. Die Schnur biegt sich nunmehr in entgegengesetzter Richtung, bildet einen abwärts gewendeten Bogen, ein Wellenthal, und dieses schreitet nun zurück, nach demselben Gesetz, nach welchem der erste directe Wellenberg vorwärts schritt. Diese fortschreitenden Wellen können mehrere Male zwischen den Endpunkten der Schnur vor- und zurücklaufen.

Läßt man eine Reihe solcher fortschreitender Wellen aufeinander folgen, indem man in gewissen Zeitintervallen Schlag auf Schlag auf die Schnur fallen läßt, so verwandelt man die fortschreitenden Wellen in stehende Wellen, durch das Zusammenwirken oder die Interferenz des directen und reflectirten Wellensystems. Es giebt dann nämlich gewisse Punkte, wo die directen vorwärts schreitenden Wellenberge mit den indirecten zurückschreitenden Wellenthälern nothwendig zusammentreffen oder interferiren müssen. An diesen Punkten wirken zwei entgegengesetzte Kräfte mit gleicher Intensität. Es ist

für diese Interferenzpunkte also ebenso, als wenn gar keine Kraft auf sie wirkte, sie bleiben in Ruhe. Sie verhalten sich vollkommen wie feste Punkte, da die beiden entgegengesetzter Wellen sie in Ruhe halten müssen. Um diese Punkte nun schwingt jedes einzelne Schnurstück auf und nieder, wie eine, an zwei Endpunkten befestigte Saite. Die ganze Schnur theilt sich folglich in so viel einzelne für sich als Ganzes schwingende Systeme, als solche Interferenzpunkte vorhanden sind. Auf diese Weise wird endlich die fortlaufende Welle zu einer Reihe stehender Wellen, von denen die benachbarten allemal die umgekehrte Bewegung haben, so daß Wellenthal neben Wellenberg *ic.* steht und zwischen beiden stets ein ruhiger Schwingungsknoten sich befindet. Je größer die Geschwindigkeit der aufeinander folgenden Stöße ist, desto größer ist auch die Anzahl der Wellen, und desto größer die Anzahl der Schwingungsknoten. Auf diesen künstlich erzeugten Ruhepunkten beruhen die Flageoletttöne, wie wir später sehen werden.

Die Wellen, welche wir an dem Kornfelde beobachteten, geben uns ein Bild von Longitudinal- oder Längenschwingungen, bei welchen ein schwingender Körper sich in der Richtung seiner Länge verlängert und verkürzt, d. h. jedes Theilchen sich im Sinne der fortschreitenden Welle vom Erschütterungspunkte aus entfernt und dahin zurückkehrt. Man denke sich statt der Kornähren Lufttheilchen, so hat man eine deutliche Vorstellung vom Zustande der Luft, wenn sich ein Schall durch dieselbe fortpflanzt, ferner vom Zustande der Massentheilchen im Innern eines durch innere Spannung elastischen Körpers, einer Glocke, eines Stabes *ic.*; endlich vom Verhalten einer schwingenden Luftsäule im Innern eines Blasinstrumentes.

Die Wellen, welche wir am Seil beobachteten, nennt man aber *Transversals- oder Quers-*

schwingungen, denn diese Schwingungen gehen in Richtungen vor sich, welche auf der Länge der schwingenden Schnur senkrecht stehen. Diese Schwingungen sind es, welche die Saiteninstrumente machen. Hierher gehören ferner die Aetherschwingungen, welche die Lichtwellen hervorrufen. Ähnlicher Art sind endlich die Wasserwellen, bei welchen die Moleküle allerdings nicht nur einfach auf- und absteigen, sondern, wie die Gebrüder C. S. und W. Weber gezeigt haben*), in kleinen Kreisen, Ellipsen zc. schwingen. — Von allen Transversalschwingungen im Allgemeinen kann man sich übrigens auch dadurch ein sehr anschauliches Bild machen, daß man mit dem Finger „glissando“ schnell über die ganze Claviatur eines Pianofortes hinfährt. Während man dadurch eine rasche Bewegung der Länge nach ausführt, steigen die Hämmer der einzelnen Claves nach einander auf und nieder und bilden durch verschiedene Positionen der Ruhe und Bewegung eine fortlaufende transversalschwingende Welle.

Endlich unterscheiden wir noch Torsions- oder Drehschwingungen, wobei die Axe des schwingenden Körpers unverändert in ihrer Lage bleibt, während sich die Theile des Körpers rings um dieselbe vor- und zurückdrehen. Diese Schwingungen sind für uns von geringerer Wichtigkeit und haben mehr physikalisches als musikalisches Interesse. Im Allgemeinen ist aber zu bemerken, daß nur sehr selten eine dieser drei verschiedenen Arten von Schwingungen ausschließlich stattfindet, sondern, daß in einem schwingenden Körper nur vorherrschend eine Schwingungsart stattfindet, welche gewöhnlich — für den Musiker leider — von den beiden andern

*) Wellenlehre, auf Experimente gegründet, 1825.

Schwingungsarten begleitet ist. Darauf beruht die Reinheit oder Unreinheit der Töne.

Somit sind wir, wenn auch nicht ohne einige langwierige, aber nothwendige Vorbetrachtungen, am Gebiet der Töne angelangt. Wir verlassen hier das Feld der allgemeinen mechanischen Betrachtungsweise, und begeben uns in das specielle physikalische Gebiet des Schalles. Als Rückblick auf dem bereits durchlaufenen Weg finde hier noch ein Ausspruch Göthe's eine Stelle, der unsere bisherigen Betrachtungen recht eigentlich im Großen und Ganzen zusammenfaßt:

„Dem Aufmerksamen ist die Natur nirgends todt noch stumm. So mannigfaltig, so verwickelt und unverständlich uns oft ihre Sprache scheinen mag, so bleiben doch ihre Elemente immer dieselben. Diese allgemeinen Bewegungen und Bestimmungen werden wir auf die verschiedenste Weise gewahr, bald als ein einfaches Abstoßen oder Anziehen, bald als ein aufblinkendes und verschwindendes Licht, als Bewegung der Luft, als Erschütterung des Körpers; jedoch immer als verbindend oder trennend, das Dasein bewegend und irgend eine Art von Leben befördernd.“

Fünfter Brief.

Schallentstehung. Geräusch und Ton. Grenzen der Hörbarkeit.
Höhe, Intensität, Klangfarbe.

Musica est exercitium arithmeticae
occultum nescientis se numerare
animi.

Leibnitz.

In der Mitte eines großen, finsternen Zimmers befinde sich ein Stab, der unter gewissen Voraussetzungen in Schwingungen versetzt wird. Es sei dafür gesorgt, daß die Schwingungen regelmäßig aufeinander folgen, und daß ihre Geschwindigkeit fortwährend vermehrt werden kann.

Ich trete in den dunklen Raum — sagt Dove, dessen Darstellungsweise wir hier benutzen — in dem Augenblick, wo der Stab nur wenige Schwingungen macht. Weder Auge noch Ohr sagt mir Etwas von dem Vorhandensein dieses Stabes. Aber ich fühle seine Schwingungen, denn die Hand empfindet seine Schläge, wenn sie ihn berührt.

Die Schwingungen werden schneller. Sie erreichen eine gewisse Zahl und nun vernehme ich ein Geräusch. Es sind einzelne Schläge oder Stöße, die ich mit dem Ohr unterscheide; kleine Explosionen, deren Aufeinanderfolge ich zu trennen vermag.

Die Schwingungen des Stabes vermehren sich aber fort und fort. Die Explosionen erfolgen rascher und rascher, sie werden immer stärker. Es tritt ein Moment ein, wo sie mein Ohr nicht mehr zu trennen

vermag; sie fließen im Bewußtsein in Eins zusammen; ich vernehme nur noch ein Säusen — und plötzlich schlägt ein tiefer Baßton an mein Ohr. Er ist von so betäubender Intensität, daß weder von meiner Stimme, noch von dem Tone irgend eines musikalischen Instrumentes, selbst nicht von dem der Orgel, das Geringste gehört werden könnte. Dieser Ton erhöht sich fortwährend. Er durchläuft alle Mittelstufen, bis zum höchsten schrillenden Ton, der in unser Ohr mit unerträglicher Intensität einschneidet. Aber nun sinkt Alles in die vorige Grabesstille zurück.

Noch voll Erstaunen über das, was ich hörte, fühle ich plötzlich von der Stelle her, an welcher der Ton verhallte, eine angenehme Wärme sich strahlend verbreiten, so behaglich, wie ein Kaminfeuer sie ausstrahlt. Aber noch bleibt Alles dunkel.

Doch die Schwingungen werden noch schneller. Ein schwaches rothes Licht dämmernd auf, es wird immer lebhafter, der Stab glüht. Erst roth, dann wird er gelb, dann blau. Er durchläuft alle Farben, bis nach dem Violett Alles wieder in Nacht verfinstert.

„So spricht die Natur nach einander zu verschiedenen Sinnen, zuerst ein Leises, nur aus unmittelbarer Nähe vernehmliches Wort. Dann ruft sie mir lauter aus immer weiterer Ferne zu, endlich erreicht mich auf den Schwingen des Lichtes ihre Stimme aus unmeßbaren Weiten“.

Das ist die Sirene unseres Jahrhunderts, welche an Eigenthümlichkeit der Wirkung sich wohl mit jener messen kann, die einst Odysseus lockte. Ist sie auch weniger poetisch — denn sie ist ja nur eine „Maschine“ — erscheint sie darum nicht weniger zaubervoll.

Es wäre unbillig, diesen nach Dowe geschilderten idealen Versuch, der eine ganze Reihe von Versuchen repräsentirt, an demselben Körper und mit denselben Erregungsmitteln dargestellt zu verlangen. Die Kluft zwischen Ton und Licht ist zu groß, um sie mit

einem unserer unzureichenden Mittel zu überbrücken. Wir bedürfen das auch nicht, denn wir begnügen uns hier mit dem Ton.

Eine nähere Betrachtung des von Savart erfundenen Instruments, das man die Speichensirene nennt, zeigt uns folgende Einrichtung. Ein Stab von Eisen oder Holz, zwei bis drei Fuß lang, ist um seinen Mittelpunkt drehbar, wie zwei Speichen eines Rades um ihre Axe. An dem Gestell, auf welchem die Axe liegt, sind zu beiden Seiten des Stabes nach den äußeren Enden zu, dünne Holzbretchen dicht neben dem Stabe angebracht, ohne ihn zu berühren. So wird eine doppelte Spalte gebildet, durch welche der Stab bei seiner Umdrehung hindurchstreicht, eben breit genug, daß er an die Holzplatten nicht antrifft. Durch Räder und Schnuren wird die Axe in Umdrehungen, der Stab also in periodische Schwingungen versetzt, deren Geschwindigkeit man zählen oder berechnen kann.

Durch dieses einfache Instrument sind wir im Stande, zu bestimmen, welche Art von Schwingungen und wie viel derselben erforderlich sind, um das zu erzeugen, was wir einen Ton nennen, mithin die Bedingungen zur Tonerzeugung festzustellen. Denn daß weder der Stöß elastischer Körper an sich, noch jede Art von Schwingungen überhaupt schon hinreichte, um einen Ton zu erzeugen, lehrt schon eine einfache Ueberlegung.

Die dem Auge sichtbaren Schwingungen sind es gerade meistens, welche keinen Schall erzeugen können, weil sie zu langsam sind. Erst, wenn sie so schnell oder so klein werden, daß das Auge sie nicht mehr einzeln verfolgen kann, tritt das Ohr in seine Rechte ein, man hört sie, sofern ein Mittel vorhanden ist, diese Schwingungen bis zu unserem Gehörorgan fortzupflanzen. Ist dies nicht der Fall, so können sie, wenn die Grenze der Sichtbarkeit bereits

überschritten ist, doch immer durch das Gefühl als Vibrationen merklich werden.

Je kürzer eine Schwingung ist, desto schneller kann sie im Allgemeinen werden, da der zu durchlaufende Weg wegen seiner Kleinheit in einer bestimmten Zeit um so öfter wiederholt werden kann. Und je schneller eine Schwingung wird, desto mehr nähert sie sich der Grenze, wo das Ohr nicht mehr fähig ist, einzelne Zeitintervalle zu unterscheiden, eben so wie das Auge nicht mehr die Raumintervalle zu trennen vermag.

Wenn wir eine glühende Kohle, an einen Faden gebunden, rasch im Kreise herumschwingen, so sehen wir nicht mehr die Kohle in einzelnen Stellungen im Raum, sondern unser Auge erhält den Eindruck eines geschlossenen feurigen Kreises, der unbeweglich fest zu stehen scheint. Ähnlich ergeht es dem Ohr bei Wahrnehmung rascher Schwingungen. Statt der aufeinanderfolgenden Schläge oder Pulse empfindet es nur noch einen Gesamteindruck, den wir Schall nennen, und der unter näher zu betrachtenden Umständen erst eine feste Gestalt in Form des Tones annimmt.

Zwischen Schall und Ton besteht ein ganz wesentlicher Unterschied. Schall nennen wir alle die Bewegungen der Körper, welche wir überhaupt durch unser Hörorgan wahrnehmen. Er ist folglich die allgemeine Bezeichnung für alles Hörbare. Jedermann weiß aber, wie verschieden die Arten des Hörbaren sind. Wir unterscheiden durch das Gehör so mannigfache Abänderungen des Schalles, weil je nach der Verschiedenheit der Bewegung der Moleküle, also je nach der verschiedenen Erregungsart des Schalles, der Eindruck auf das Ohr ein anderer ist.

Ist der Schall aus regellos wechselnden, nach nicht bestimmbarern Gesetzen erfolgenden, sich also nicht gleich bleibenden Molekularschwingungen hervorgegan-

gen, so nennen wir ihn Knall, Schlag, Explosion; Geräusch oder Getöse; je nach der Stärke und Zeitdauer des Eindrucks. Diese Schalleindrücke bestehen aus Stößen oder Pulsus, welche das Ohr ganz unregelmäßig treffen.

Da alle Körper mehr oder wenig erelastisch sind, so folgt daraus, daß auch alle Körper durch Stoß in Oscillationen gerathen können, welche fähig sind, den Eindruck eines Geräusches zu erzeugen. Die Stärke desselben ist der Heftigkeit der zusammenstoßenden Körper proportional.

Es mögen zwei Bleikugeln oder zwei Elfenbeinkugeln zusammenstoßen, so hören wir den Stoß, vermittelt der dadurch erzeugten Vibrationen, als Schlag. Die Elasticität ist hierbei ein, für die Art des Eindrucks ziemlich unwesentliches Element. Wenn wir eine Federbüchse öffnen oder eine Kanone abschießen, geschieht in beiden Fällen ziemlich das Gleiche. Die Luft stürzt sich plötzlich in einen luftverdünnten Raum, ihre Theile stoßen gegeneinander und bringen einen Knall hervor, der in der Intensität allerdings verschieden ist. Wie verschieden ist die Wirkung, wenn wir mit einer Peitschenschnur knallen, d. h. rasch die Luft durchschneiden, oder wenn ein Blitzstrahl die Luft theilt und eine Explosion hervorruft. Und doch ist in beiden Fällen die Erregungsart dieselbe.

Ein solcher hörbarer Stoß, Schlag oder Knall, kann sich in geringen Zeitintervallen öfters wiederholen, ohne daß wir dadurch das Gefühl eines Tones erhalten. Man kann mit einem Hammer rasch hinter einander aufschlagen, oder die Explosion der Kanone, oder die durch den Blitzstrahl erzeugte kann sich durch Reflexion oftmals, wie im Donner, wiederholen. In allen diesen Fällen wird es bloß ein Geräusch sein, welches wir hören, das bei gehöriger Intensität in ein fortlaufendes Getöse übergegangen

gen ist. Aber der Eindruck des Tones kann nicht erzeugt werden, so lange die Stöße in ungleich langen oder in zu weit getrennten Zeitintervallen erfolgen.

Sobald aber die hörbaren Vibrationen, die Folge eines Stoßes, in gleich langen Zeitintervallen erfolgen, oder, sobald eine Reihe von Schlägen zc. in unmerkbar kleinen und regelmäßigen Zeitintervallen aufeinander folgen, so erhalten wir das Gefühl des Tones. Unser Ohr wird dabei von einer Reihe von Schlägen getroffen, die gleichweit von einander entfernt sind und unzählbar schnell hintereinander an das Trommelfell schlagen. Die Wahrnehmung eines einzelnen musikalischen Tones kann man also mit einer Reihe gleichweit von einander entfernter Punkte vergleichen, wie die folgenden

Ein Geräusch oder Getöse würde sich dagegen als eine Aufeinanderfolge von völlig unregelmäßigen und nach keinem Gesetz sich regelnden Punkten, etwa so darstellen lassen

wobei die Punkte entweder die Aufeinanderfolge der unregelmäßig erfolgenden Vibrationen für einen hörbaren Stoß, oder die unregelmäßige Aufeinanderfolge der einzelnen hörbaren Schläge bedeuten.

Zur näheren Untersuchung dieser Verhältnisse benutzen wir die Speichenpyrene. Wenn der Stab dieses Instrumentes in Umdrehung versetzt wird, so erzeugt er einen Luftstrom, welcher eine ähnlich kreisende Bewegung macht, wie der Stab selbst. Man kann einen solchen Luftstrom fühlen, wenn man mit der Hand schnell durch die Luft fährt. Die bewegte Luft folgt dem Stabe, so lange sie auf kein Hinderniß trifft. Dies findet sie aber an den Bretchen, welche die Spalte bilden, durch die wohl der Stab

hindurchstreichen, aber die Luft nicht augenblicklich folgen kann. Der Luftstrom wird also momentan unterbrochen, so oft der Stab durch die Spalte streicht. Die nächste Folge davon ist, daß die bewegte Luft auf die Bretchen stößt, was bei gehöriger Geschwindigkeit so heftig geschieht, daß es scheint, als würden diese von dem Ende des Stabes getroffen. Zugleich wird die Luft über dem Bret comprimirt, unter demselben verdünnt. Sobald der Stab an der Spalte vorüber ist, strömt die Luft nach, um das Gleichgewicht herzustellen, und es entsteht so ein kleiner Knall, als Folge des Luftstoßes.

So lange der Stab mit mäßiger Geschwindigkeit gedreht wird, unterscheidet man die Aufeinanderfolge der einzelnen Schläge. Wenn die Schnelligkeit größer, also die Heftigkeit des aufstoßenden Luftstromes intensiver wird, so hört man ein Schnarren, ein Geräusch, in Folge der unregelmäßig vibrierenden Holzbrettchen. Sobald aber die Geschwindigkeit des Stabes so groß wird, daß 7 bis 8 Schläge (mit jedem Arme) in der Secunde erfolgen, entsteht zuerst ein Ton, der tiefste musikalische Ton, der überhaupt hörbar ist. Dieser Ton ist noch schnarrend, weil man die einzelnen Pulsus der Bretchen mit ihm zugleich hören kann. Werden die Umdrehungen des Stabes schneller, so nimmt die Reinheit des Tones zu; das Schnarren hört auf, d. h. die Bretchen sind gezwungen, jetzt ebenfalls in gleichem Tempo zu schwingen; aber auch die Höhe des Tones nimmt zu und seine Intensität wird unerträglich stark. Mehr als 30 Schläge in der Secunde gestattete der Apparat Savart's nicht. Wir bedürfen auch nicht mehrerer.

Das Hauptresultat unseres ersten Versuches ist, daß 7 bis 8 Schläge in der Secunde, welchen 14 bis 16 einfache Schwingungen entsprechen, nöthig sind, um einen Ton zu erzeugen, daß sie aber zugleich

hinreichend sind, um den äußersten hörbaren Ton hervorzubringen *).

Wir haben somit die letzte noch fehlende Bedingung zur Tonerzeugung gefunden: eine ganz bestimmte Anzahl gleicher, hinlänglich starker, in regelmäßigen Zeitintervallen aufeinander und in gleichen Raumintervallen hintereinander folgender Stöße.

So wenig das Auge im Stande ist, diese 14 bis 16 einzelnen Schwingungen per Secunde zu trennen, so wenig vermag es das Ohr. Denn die im Gehörorgan durch einen Schlag erregten Schwingungen haben noch nicht aufgehört, wenn ein neuer Stoß gegeben wird. Es ist unerläßlich, daß die einzelnen Eindrücke in einander übergehen, um einen vollen und anhaltenden Ton zu erzeugen. Das menschliche Ohr kann der Erfahrung gemäß nur höchstens 9 Eindrücke in einer Secunde unterscheiden. Folgen sie schneller, so beginnen sie für uns in Einen Ton zusammen zu fließen.

Bei den gewöhnlichen Methoden der Tonerregung war die geringste Anzahl der dazu nöthigen einfachen Schwingungen bisher immer zu 32 angenommen worden. Daß Savart mit seinem Instrumente aber schon mit der Hälfte der Schwingungen einen Ton erzeugen konnte, berechtigt zu dem Schluß, daß die Grenze des am langsamsten schwingenden und überhaupt noch wahrnehmbaren Tones eine ziemlich unbestimmte sei.

Es kommt nur darauf an, daß die Eindrücke der Pulsus bei dieser äußersten Grenze lange genug dauern, daß folglich die Intensität der Erregung eine bedeutende ist. Je geringer die Anzahl der Stöße, desto energischer und anhaltender müssen sie

*) Savart, note sur la perception des sons graves. Annales de Chimie et Physique, T. 47. P. 69.

sein, um gehört zu werden. Die Dauer der, durch jeden einzelnen Schlag hervorgebrachten Empfindung kann proportional mit der Zunahme der Anzahl der Schläge vermindert werden. Oder, wenn die Dauer der, durch jeden einzelnen Schlag hervorgebrachten Empfindung, im umgekehrten Verhältniß zu ihrer Anzahl in einer gegebenen Zeit, vermehrt werden könnte, so würde die Grenze der tiefsten Töne gar nicht zu bestimmen sein.

Da aber die Intensität der Erregung eine Grenze hat, so hat auch der Ton für uns eine Grenze. Sehr langsame Schwingungen können deshalb nicht mehr als Ton vernommen werden.

Mit der Erforschung der untersten Grenze der hörbaren Schwingungen haben wir zugleich die Erfahrung gemacht, daß der am langsamsten schwingende Ton auch der tiefste sei. Wir bemerkten bereits, daß mit der steigenden Schnelligkeit der Schwingungen des Stabes, die Höhe des Tones zunahm. Ohne uns jetzt bei den Einzelheiten dieser Erscheinung aufzuhalten, suchen wir so gleich das andere Extrem auf. Denn wir können uns von vorn herein sagen, daß, wenn auch die Tonhöhe mit der Schwingungszahl zunimmt, dies doch nicht in's Unendliche fortgehen kann, sondern daß es dafür eine Grenze geben muß.

Daß diese Grenze in den Körpern selbst liege, wäre wohl denkbar. Sie könnte dadurch gezogen sein, daß die Körpermoleküle nicht im Stande wären, über eine gewisse Grenzzahl hinaus noch schneller zu schwingen. Diese Frage ist nur durch ein neues Experiment zu lösen.

Wir nehmen also die Speichensöhre von Savart wieder zur Hand. In ihrer alten Form kann sie uns aber nicht mehr dienen, denn sie erlaubt nur 30 Schläge per Secunde. Wir folgen also Sa-

part's Beispiel*), beseitigen die Stäbe, sowie die Holzplatten, welche die Spalten bildeten, und stecken statt dessen auf die Axe eine Scheibe, welche an ihrem Umfang mit Zähnen oder Einschnitten versehen ist, ungefähr so, wie die Sägezähne an einer Kreis- säge. Ein einziges Holzblättchen oder auch ein Kartenblatt wird mit seiner Kante so nahe an die Scheibe geschoben, daß ihre Zähne diese Kante berühren.

Wird die Scheibe langsam gedreht, so schlägt ein Zahn nach dem andern an das Blättchen und drückt es nieder. Dies giebt jedes Mal einen Stoß. Das Blättchen ist aber elastisch. Sobald es niedergebogen, und der Zahn vorüber ist, schwingt es in seine vorige Lage zurück, noch ehe der folgende Zahn auftritt. So erzeugt jeder vorübergehende Zahn einen Stoß, und mit demselben einen Hin- und Hergang des Blättchens, also zwei einfache Schwingungen. Das Rad mag so schnell gedreht werden, als man nur immer will, so wird jedem Zahn doch immer eine Doppelschwingung entsprechen, sobald die Zähne nur in gehöriger Entfernung von einander stehen.

Die Schnelligkeit der Umdrehung hat man ganz in seiner Gewalt durch Schnuren und Räderwerk, das man beliebig anbringen kann. Savart befestigte zuerst eine Scheibe auf der Welle, welche 400 Zähne hatte. Eine Umdrehung der Scheibe gab also schon 400 Stöße. Er steigerte die Umdrehungen der Scheibe bis auf 10 in der Secunde, erhielt somit in einer Secunde 4000 Stöße. Der Ton wurde bis zu dieser Grenze natürlich immer höher und sehr rein. Sobald aber die Zahl der Stöße durch schnellere Drehung noch vermehrt wurde, erschien der Ton schwach und unbestimmt.

Savart wiederholte den Versuch nun mit einer größeren Scheibe von 720 Zähnen. Da bei dieser

*) Annales de Chimie et Physique, Bd. 44, 337.

Die Zähne weiter auseinander standen, waren die Schläge stärker und exakter von einander getrennt, folglich auch der Ton intensiver. Savart trieb die Schnelligkeit der Bewegung mit dieser Scheibe bis zu 24000 Doppelschwingungen in der Secunde.

Bei dieser extremen Geschwindigkeit war der Ton sehr fein, etwas undeutlich, aber dennoch hörbar. Hierbei machte man die merkwürdige Beobachtung, daß manche Personen diesen Ton hörten, Andere nicht. Trotzdem war Savart überzeugt, daß durch seinen Versuch die Grenze der wahrnehmbaren Töne noch nicht erreicht sei. Er glaubte, daß, wenn man Mittel fände, die Schläge noch mehr zu verstärken, man auch noch höhere Töne hören müßte.

Doch würden die Apparate zu solchen Versuchen zu kostbar und zu schwierig zu handhaben sein. Wir können uns mit dem gewonnenen Resultat auch begnügen. Wir haben dadurch erfahren, daß wir alle Töne hören und unterscheiden können, welche durch 7 bis 24000 Schläge oder Doppelschwingungen, also durch 14 bis 48000 einfache Hin- oder Hergänge per Secunde erzeugt werden. Einen Ton unter 14 Schwingungen hören wir ebenso wenig deutlich, als einen, der über 48000 hinaus liegt, es wäre denn, daß der Ton durch andere Mittel verstärkt würde*).

Da wir aber durch diese Radsyrenen, wie leicht zu berechnen ist, noch mehr als 24000 Stöße erzeugen können, die wir trotzdem nicht hören, ja, da wir sogar die Erfahrung gemacht haben, daß schon nicht alle Menschen diesen äußersten hohen und feinen Ton hören, — so liegt darin der Beweis, daß die Grenze des höchsten Tones, folglich die Grenze der Hörbarkeit überhaupt nicht in den Hör-

*) Desprez hat durch andere Versuche die Grenze der wahrnehmbaren Töne bis auf 73000 einfache Schwingungen per Secunde erweitert. (Comptes rendues; XX, 1214; Pogg. Ann. LXV, 440.)

pern an sich, sondern in der Eigenthümlichkeit unseres Ohres zu suchen ist.

Für unser Ohr ist es gleichbedeutend, ob ein Körper mehr als 48000 Schwingungen von der bezeichneten Intensität oder gar keine Schwingungen mehr macht. In beiden Fällen ist lautlose Stille für uns vorhanden. Für andere als menschliche Ohren ist gar nicht undenkbar, daß die Grenze der Hörbarkeit erst da beginnt, wo sie für uns zu Ende ist.

Soviel hat Savart aber durch andere, ganz directe Versuche festgestellt, die wir hier nicht verfolgen können, daß jedes Ohr noch den außerordentlich kleinen Zeitintervall von $\frac{1}{1000}$ Secunde sehr genau und deutlich unterscheiden kann, was einem Ton von 20000 Schwingungen entspricht. Die höheren Töne waren zwar noch hörbar, aber nicht für Alle gleich gut und konnten auch nicht mehr so exakt berechnet und verglichen werden.

Bei diesen Versuchen haben wir am Ton schon zweierlei unterschieden, nämlich seine Höhe und Tiefe und seine Stärke oder Intensität.

Wenn wir mehrere tonerregende Instrumente mit einander vergleichen, so finden wir endlich noch, daß auch der Klang oder die Klangfarbe der verschiedenen Instrumente eine andere ist und erkennen darin das dritte charakteristische Unterscheidungszeichen der Töne.

Daß die Unterscheidung der Töne nach ihrer Höhe und Tiefe auf der Menge der Schwingungen beruhe, wußte man schon lange vor Savart. Einen Ton nennt man höher als einen anderen, wenn der ihn erzeugende Körper, in gleicher Zeit eine größere Anzahl von Schwingungen macht. In der Harmonie und der darauf gegründeten Theorie der Musik ist diese Höhe des Tones und sein Verhältniß zu anderen Tönen die einzige Eigenschaft, die in Betracht kommt.

Da sich dieses Tonverhältniß lediglich auf Zahlen gründet, welche die absolute Anzahl oder das relative Verhältniß der Schwingungen ausdrücken, so erkennt man schon hieraus, daß die Harmonielehre auf dem Fundament der Mathematik ruhen muß, und nur aus mechanischen Grundbetrachtungen folgerichtig hervorgehen kann. In welcher Function dabei unsere Seele zunächst thätig sein muß, ist durch den berühmten Ausspruch von Leibniz bezeichnet, den wir als Motto dieses Briefes gewählt haben: „Daß die Seele im Geheimen, sich selbst unbewußt, die Schwingungen zähle und so die Töne sich als Zahlen vorstelle und mit einander vergleiche“.

Die zweite Eigenschaft des Tones, seine Stärke oder Intensität, hängt schon nicht von so einfachen Verhältnissen ab, als die Tonhöhe. Es treten hier eine ganze Reihe von Bedingungen zusammen. Die Intensität des erregten Schalles hängt theils ab von der Beschaffenheit des Körpers, namentlich von seinen Elasticitätsverhältnissen; theils von der Stärke der ursprünglichen Erregung; theils von der Art dieser Erregung.

Daß ein schlaff gespanntes Trommelfell keinen so intensiven Schall geben kann, als ein scharf gespanntes, dessen Elasticität durch äußere Spannung vermehrt ist, wird Jeder begreiflich finden. Daß die Intensität des Schalles — den man bei der Trommel noch keinen Ton nennen kann, obgleich er, wie bei der Pauke, dazu gemacht werden kann — zugleich davon abhängt, ob man stärker oder schwächer auf das Fell schlägt, und ob man sich dazu eines Holzstäbchens oder eines Paukenschlägels bedient, ist eben so klar.

Stärke und Art des Stoßes bestimmen die Weite der Ausbiegungen des tönenden Körpers, ändern aber Nichts an der Geschwindigkeit der Schwingungen. Denn zwei gleich lange Pendel schwingen, wenigstens annähernd, gleich schnell, ihr Schwin-

gangsbogen sei groß oder klein. Die Intensität des Schalles hängt also von der Größe der schwingenden Bewegungen ab, die der Körper machen kann.

Daher muß eben ein langsam schwingender Körper größere oder weitere Schwingungen machen, d. h. stärker tönen, wenn seine Schwingungen gehört werden sollen. Eben so mußte auch der höchste hörbare Ton der Sirene durch größere Schwingungen, d. h. stärkere Stöße mit weiter auseinander liegenden Zähnen erzeugt werden, wenn man ihn noch deutlich hören wollte. Die Grenzen der Hörbarkeit ziehen sich folglich bedeutend enger zusammen, wenn die Intensität eine geringere ist. Daraus folgt, welchen großen Einfluß die Wahl des schallerregenden Mittels auf die Grenze der Hörbarkeit ausübt. Und dies gilt nicht nur für die Tonhöhe, sondern wie wir sehen werden, auch für die Entfernung, bis zu welcher der Ton gehört wird, also für die Stärke des fortgepflanzten Schalles.

Was der Klang der Töne sei, läßt sich weder beschreiben, noch definiren, man muß ihn eben hören. Er ist die Eigenthümlichkeit der unendlich verschiedenen Töne, wodurch diese, wenn auch an Höhe und Stärke einander vollkommen gleich, dennoch für jedes Ohr unterscheidbar sind. Er ist die Farbe oder Schattirung, die dem Tone Leben giebt, und ihn in scharfgezeichneter Individualität erscheinen läßt. Die Franzosen haben dafür die feine und glückliche Bezeichnung: *Timbre*, die Engländer das schwerfällige *Quality*. Wir bezeichnen diese Eigenthümlichkeit der Töne wohl am Besten mit Klangfarbe.

So wenig diese zu definiren ist, so wenig ist ihre eigentliche Ursache zu erklären. Wir wissen nur, daß die Klangfarbe abhängt von der Struktur des tönenden Körpers, und daß sie von der Schwingungsart der Moleküle bedingt ist. Bis

auf den Grund verfolgen können wir aber diese Erscheinung noch nicht *).

Die Klangfarbe ist das höhere geistige Element des Tones, das, wodurch der ästhetische Genuß hauptsächlich bedingt wird, denn sie giebt uns eine Mannigfaltigkeit von Erscheinungen in einer Toneinheit. Sie ist es, worauf die Wirkung der einzelnen Instrumente so wie die des Orchesters basirt ist. Welcher Unterschied liegt im Klang einer Orgel, einer Geige, einer Glocke, eines Pianoforte, einer Pauke, eines Fagottes, einer Posaune, einer menschlichen Stimme. Ein geübtes Ohr hört sie aber miteinander und nebeneinander, selbst wenn sie Alle denselben Ton anschlagen.

Daß die Struktur der Körper dabei eine Rolle spielen muß, ist aus Folgendem erklärlich. Wir haben schon früher bemerkt, daß durch mechanische oder chemische Einwirkungen die Struktur- und Elasticitätsverhältnisse sich ändern. Langfaseriges Schmiedeeisen verwandelt sich durch anhaltende Stöße in körniges Gußeisen gefüge. Silber wird durch Zusatz von Kupfer härter und elastischer. Gußeisen wird durch Entziehung des größten Theiles seines Kohlenstoffes zu Stahl. Kautschuk wird durch Vulkanisiren, d. h. durch Imprägniren mit Schwefel, vollkommen elastisch.

Alle diese Struktur- und Elasticitätsänderungen haben auch auf den Klang Einfluß, ein Beweis, daß Beide im Zusammenhang stehen. Sobald ein Körper lange Zeit in gleicher Weise schwingt, ordnen sich seine Moleküle nach und nach anders, wodurch diesen Schwingungen leichter entsprochen wird. Darum schwingt ein, oft in Schwingungen

*) W. Weber findet die Ursache der verschiedenen Timbre eines Tones in den verschiedenen Wellenhöhen und im Wechsel der Stärke der Bewegungen des tönenden Körpers. Er unterscheidet einen, auf der Qualität der Gestalt und einen, auf der Quantität der Moleküle beruhenden Timbre.

versetzter Körper, besser und er klingt auch reiner. Eine alte Geige klingt besser als eine neue, weil sie schon öfter gespielt wurde, d. h. länger in gleicher Weise vibriert hat.

Daß die Schwingungsart der Moleküle bei dem Klange eine große Rolle spielt, geht schon daraus hervor, daß der Klang mit der Reinheit des Tones in innigem Zusammenhang steht. Je reiner ein Ton, desto schöner und entschiedener seine Farbe. Reinheit ist aber nichts Anderes, als Gleichförmigkeit der Schwingungen. Diese Gleichförmigkeit beruht theils auf der Art und Größe der Elasticität, die, wie wir wissen, eine doppelte ist, theils auf der Art der Schwingung, die nach dem vorhergehenden Brief sogar eine dreifache sein kann. Wir erfahren bereits dort, daß gewöhnlich nur eine Schwingungsart die vorherrschende ist, während die anderen, zum Nachtheil der Reinheit des Tones, sich nie ganz beseitigen lassen.

Dasselbe gilt von der Klangfarbe. Diese ist eine andere für Körper mit innerer oder natürlicher Elasticität, (Glocken, Scheiben, Stimmgabeln, Stäbe) eine andere für Körper mit äußerer oder vergrößerter Elasticität, (Saiten, Pauken, Trommelfelle) endlich eine andere für die Körper, bei welchen beide Elasticitäten thätig sind und deshalb gewöhnlich auch den unreinsten oder unbestimmtesten Ton geben. Denn von vorn herein ist schon nicht wahrscheinlich, daß die Schwingungen der einen Elasticitätsart vollkommen gleichartig mit denen der anderen Art sind.

Daraus ist erklärlich, warum man durch den Namen Glockentöne nicht nur den Grad der höchsten Reinheit, sondern auch eine ganz charakteristische Klangfarbe bezeichnet; warum ferner Darmsaiten, bei denen die Spannungselasticität allein wirkt, den Metallsaiten vorzuziehen sind, in welchen, da sie zugleich dünne Metallstäbe sind, sich beide Arten der Elasticität gel-

tend machen. Deshalb ist aber auch die Klangfarbe der Darmsaite eine viel charakteristischere, als die unbestimmte gemischte Farbe der Metallsaite, die an verschiedene andere Klänge erinnert.

Wenn man bedenkt — sagt Dove in Bezug darauf — wie vielseitig die menschliche Stimme im Verlauf des Lebens in Anspruch genommen wird, so ist es wohl einzusehen, daß zu den natürlichen Verhältnissen ihres Apparates, nach und nach künstliche Spannungen hinzutreten müssen, wodurch die Stimme jene eigenthümliche Frische verliert, die uns in Kinderstimmen mit allem natürlichen Reiz unbewußter Schönheit entgegentritt.

Diese eigenthümliche Frische ist eben der Timbre, der uns namentlich auch an jugendlichen Sängern entzückt. Er liegt lediglich in den Spannungs- und Schwingungsverhältnissen ihrer Stimmbänder, die sogar durch leidenschaftliche Erregung, durch Freude, Angst, Zorn u. andere werden können*).

Hier stehen wir an einer jener wunderbaren Grenzen, wo das Geistige herübertagt in das Gebiet des Körperlichen. Deshalb haben wir die Klangfarbe das höhere, geistige Tonelement genannt. Durch die Klangfarbe zeigt sich uns einerseits die Körperwelt als ein unendlich Verschiedenes und Mannigfaltiges. Es sind Schwingungen die wir hören und zählen — und doch wie fein in ihren Nuancen, wie ergreifend in ihren Wirkungen. Durch ihre Klangfarbe geben sich uns die Körper gleichsam als Individuen zu erkennen, die alle eine verschiedene Stimme

*) Segond bemerkt in seinen Untersuchungen über die menschliche Stimme (Jahrbücher der gesammten Medizin, LXI. 9—12.), daß der Timbre durch die Beschaffenheit der Materie, durch die Art der Tonerzeugung, durch den verschiedenen Anspruch und durch die Beschaffenheit der Medien, in welchen der Ton sich bildet, bestimmt werde.

im großen Weltchor haben, die alle verschieden klingen und singen und doch alle nach gleichen Gesetzen. Das ist eine Einheit in der Mannigfaltigkeit, die wir wohl empfinden, aber nicht im Einzelnen ergründen können.

Und durch die Klangfarbe giebt sich uns die innere, die Geisteswelt zu erkennen. Ich höre am Klang der Stimme, ob Haß oder Liebe zu mir spricht, ob Freude oder Schmerz die Brust bewegt. Beide können die Farbe sogar ganz verwischen — die Stimme kann tonlos werden, ja sie kann im höchsten Moment der Lust oder des Schmerzes ersticken, verlöschen. Das sind in letzter Instanz wohl Nichts als Schwingungs- und Spannungsänderungen der Moleküle — aber wer will läugnen, daß hier die rein geistigen Elemente die bewegenden, die herrschenden sind?

Sechster Brief.

Naturstimmen.

Wo ist wohl die Musik? In der Luft?

Auf Erden?

Dies ist kein sterblich Thun; der Ton gehört

Der Erde nicht.

Shakespeare.

Es giebt eine Sprache der Elemente: die Töne. Der Ton ist für Alle auf der Erde, der Klang aber für das Individuum, das seine Rechte in der unorganischen Welt so gut zu wahren weiß, als unter den fühlenden Wesen.

Die Elementarstimmen der unorganischen Natur sind geheimnißvoll in ihrem Ursprung, räthselhaft in ihrer Erscheinung. Von keiner Menschenhand erregt und von keiner erreicht, entstehen sie scheinbar zufällig und verschwinden geisterhaft. Sie sind es, die vom Anfang an da waren und „mit dem Geist Gottes über den Wassern schwebten“, das Walten der Natur nach dem ewigen Gesetze: „Bewege Dich“, laut verkündend. Sie erscheinen als die Ausnahmen von der Regel, im Sinne der modernen Tonerregung, aber dennoch sind sie die Grundpfeiler unserer Tonkunst, weil diese Uröne der Schöpfung den Menschen zuerst antregten, sie nachzuahmen in Wort und Ton. Und

so sind diese Klänge, die schon an der Wiege des Menschengeschlechtes ertönten, sein Freund und Lehrer geworden. Sie wurden verknüpft mit den Weissagungen, verherrlicht in den Dichtungen, wiederholt auf den Instrumenten jener mystischen Zeit, wo der junge Mensch, eng verbunden mit der Natur, der Sprache seiner Mutter noch gläubig lauschte.

Viele dieser Töne scheinen verhallt und die noch vorhandenen üben ihren alten Zauber nicht mehr. Waren diese Naturstimmen nie lauter und häufiger, als jetzt? Oder ist der Mensch, der sich von der Natur entfernte, ein Anderer geworden?

Sei es — sagt unser Altmeister Schubert *) — daß der Geist des ersten Menschen, empfänglicher und abhängiger von der Gewalt der Natur, ein Instrument war, auf welchem der Geist der Natur seine ewigen Harmonien spielte; oder sei es, daß die Natur, noch in der Kraft der eben vollendeten Schöpfung, einer tieferen Einwirkung auf ihr letztes Werk, den Menschen, fähig, und daß so der Zusammenhang zwischen Beiden inniger war: es hat entweder der vollendetere Mensch sich jener Obergewalt mehr entzogen, oder er wurde allmählig auf seine eigene Kraft zurückgewiesen und zur Selbstständigkeit genöthigt, weil die Gewalt jenes höheren Einflusses der veraltenden Natur abnahm.

Damals, wo unter den Polen noch eine tropische Vegetation wucherte und Riesenthiere der Vorwelt die Elemente bevölkerten; wo Erdtheile sich hoben und senkten und die Vulkane ihre zerstörende Arbeit vollendeten: war die Atmosphäre von einem Einfluß und einer Ausdehnung, die sie längst nicht mehr besitz. Aus ihrer Wechselwirkung mit dem Festen und Flüssigen sehen wir noch jetzt die ersten Anfänge

*) Ansichten von der Nachtseite der Naturwissenschaft von G. S. v. Schubert. 4te Auflage.

des Thier- und Pflanzenlebens sich entwickeln, und durch den Athmungsproceß sich erhalten. Dies läßt eine viel vollkommnere und wirksamere Thätigkeit der Atmosphäre bei dem ersten Entstehen der organischen Körperwelt voraussetzen, einem Schöpfungsact, der uns wohl ewig geheimnißvoll und unerklärlich bleiben muß.

Die Naturphilosophie *) nennt die Atmosphäre das Mittelglied einer beständigen Wechselwirkung zwischen unserem Planeten und den anderen Weltkörpern. Wie der Mond und die Sonne noch jetzt einen sichtbaren Einfluß auf die Veränderungen des Luftkreises habe, so müsse der Einfluß, selbst der entfernteren Planeten, früher bei einem viel empfänglicheren Zustande des Luftkreises viel merklicher gewesen sein. Einige Planeten unseres Systems, deren Beschaffenheit dem Urzustande des unsrigen noch nahe zu sein scheint, geben noch jetzt ein Beispiel von heftigen Bewegungen in ihrer Atmosphäre, welche die mittlere Geschwindigkeit des Schalles bei uns um das Sieben- bis Elfache übertreffen, während die heftigsten Bewegungen in unserem jetzigen Luftkreise acht bis neun Mal langsamer sind, als der Schall **).

Es ist wahrscheinlich, daß in jenem Zustande der Erde, welcher dem jetzigen des Jupiter näher stand, Bewegungen in der Luft vorhanden waren, die an Geschwindigkeit dem Schalle wenigstens gleich kamen. Dann ist die Frage — sagt Schubert — nicht ungereimt, ob nicht das, was jetzt als Sturm mit einem rohen und unorganischen Laut erscheint, damals als wirklicher Ton vernommen worden sei und ob nicht die alten Sagen von der Harmonie der

*) H. v. Schubert, a. a. D. Seite 37 ff.

***) Der Schall durchläuft, wie wir sehen werden, ungefähr 1000 Fuß in der Secunde, während die Geschwindigkeit des heftigsten Orcaes nur 120 Fuß in gleicher Zeit beträgt.

Sphären, von den Tönen des Universums, wirklich einige Wahrheit enthalten.

Hieraus würde dann begreiflich, warum Astronomie unter den Wissenschaften, Musik unter den Künsten die Älteste sei. Den Rhythmus der Bewegungen der Welten, wie er sich in den Bewegungen der Atmosphäre abspiegelte, habe der Mensch zuerst nachgesprochen, und, hierdurch eingeweiht in das harmonische Gesetz des Ganzen, habe sein Gemüth den Zusammenhang der Naturereignisse und die Beziehung der einzelnen Dinge auf das Ganze erkannt. Auf diese Weise sei die älteste Naturweisheit, die Musik und die Sprache durch unmittelbare Offenbarung der Natur an den Menschen entstanden.

Wenn wir auch diese anregende und geistreiche Hypothese auf sich beruhen lassen müssen, da sie keine directen Beweise für sich hat, so finden wir doch manches Zeugniß, welches für jene Meinung zu sprechen scheint, im fernsten Alterthum, wie auch in unseren Tagen.

Die Geschichte der alten Orakel enthält mancherlei Andeutungen dafür. Bei dem alten Orakel zu Dodona war es der Klang der vom Wind bewegten Metallbecken, und das Rauschen der Luft in den Zweigen der hohen Eichenbäume, aus welchen von Priestern das Zukünftige geweiffagt wurde. Die Weissagung aus den Naturtönen der Atmosphäre scheint überhaupt unter Allen die älteste. Denn auch die Wahrsager des ältesten Nordens haben aus dem Rauschen der hohen Bäume die Zukunft verkündet. Darum heißt es auch in der, viele Jahrtausende alten „Voluspa“:

„Siehe, ich kenne einen Eichenbaum, sein Name heißet Göttlich, Hoherhaben. Er stehet ewig grün am Urdarbrunnen, in Gottes Haus, hoch in dem weiten Himmel, und von ihm gehet der Regen aus über Thäler. Von ihm stammen drei weiffagende

Jungfrauen her, entsprungen aus jenem See, der über dem Stamm des Baumes fluthet. Die eine, die heißet Vergangen, die andere Jetzt, die dritte heißt Fernkünftig.“

Man denkt unwillkürlich dabei an den Luftkreis, hoch im weiten Himmel, von dem der Regen ausgeht und der seine Orakel über Vergangenheit und Zukunft in Tönen entsendete.

In Afrikas heißer Sandwüste steht noch jetzt jene steinerne Riesengestalt, die Memnonsäule, welche bei Sonnenaufgang wunderbar ertönte und sang. Uns freilich ist die alte Memnonsäule verstummt. Wir gehen um die stille steinerne Gestalt vom Sonnenaufgang bis zum Sonnenuntergang herum, und errathen nur noch mühsam, wie und wovon die Töne entstanden.

Dennoch kennen wir einige merkwürdige Erscheinungen, die an jene Tönen erinnern. Hierher gehört die Musik der Felsen, wie sie Michaelis*) nennt. Am Orinoko in Südamerika steht ein Fels, Piedra de Carichana Vieja, in welchem, wie A. v. Humboldt **) erzählt, Reisende von Zeit zu Zeit, um Sonnenaufgang unterirdische Töne, gleich den Orgeltönen, gehört haben. Man vernimmt sie, wenn man, auf dem Felsen liegend, das Ohr an den Stein hält. Es giebt mehrere solcher tönenden Felsen, welche die Missionare, *Lexas de musica*, nennen ***).

Dies erinnert an das eigenthümliche Getöse zu Rakuh's am Berge Sinai, welches, nach Seezen †) und Ehrenberg, anfangs dem Tone einer Aeolsharfe gleicht, dann dem eines Hohlkreisels ähnlich ist und zuletzt eine solche Stärke erreicht, daß die Erde zu beben scheint.

*) *Cäcilia*, Bd. I. S. 130.

**) *Relation historique*. T. VI. p. 377.

***) *Konktu* in *Boggendorf's Annalen*, Bd. 91. S. 315.

†) v. *Sach's* *Monatliche Correspondenz*, Bd. 26. S. 395.

Am merkwürdigsten sind aber die Naturereignisse, bei denen die Bewegungen der Luft noch jetzt von einem wirklichen, gleichsam artikulirten Tone begleitet sind. Von dieser Art ist besonders jenes räthselhafte Phänomen, das unter dem Namen der Luftmusik oder Teufelsstimme, auf Ceylon und in den benachbarten Ländern wahrgenommen wird. Es ist dieses, den Eingebornen wohlbekannte Phänomen noch bis in die neueste Zeit von so vielen glaubwürdigen Reisenden beobachtet worden, daß sich seine Existenz nicht bezweifeln läßt. Wir wollen es, mit Schubert, nach dem Berichte eines Augenzeugen (Wolf) beschreiben, welcher der Erzählung der Eingebornen und allen früheren Reisenden nicht glauben wollte, bis er es selber beobachtete.

Es läßt sich diese Naturstimme vorzüglich in stillen heiteren Nächten, doch, wie aus anderen ähnlichen Naturerscheinungen wahrscheinlich ist, vor nahen Witterungswechseln hören. Sie hat es mit elektrischen Auferscheinungen gemein, daß sie mit Blitzeschnelle bald wie aus ungeheurer Ferne, bald ganz in der Nähe vernommen wird. Am meisten Aehnlichkeit hat sie mit einer tiefen klagenden Menschenstimme, klagend, wie alle Töne der jetzigen planetarischen Natur. Hierbei pflegt sie, wie alle Naturtöne, eine so tiefe Wirkung auf das menschliche Gemüth zu äußern, daß selbst die ruhigsten und verständigsten Beobachter, welche die natürliche Entstehung dieses Phänomens wohl erkennen, sich eines tiefen Entsetzens und eines gleichsam zerschneidenden Mitleids mit diesen, den menschlichen Jammer so entsetzlich nachahmenden Naturtönen nicht erwehren können. Zuweilen spielt jene Stimme wie in den Tönen einer raschen Memmett, wobei sie eine ebenso gräßliche Wirkung auf die Sinne der Zuhörer äußert.

In unseren Himmelsstrichen kennt man einige, jenen Naturstimmen ähnliche Phänomene, deren atmo-

sphärischer Ursprung erwiesen ist, obgleich unser Luftkreis zu allen derartigen Erscheinungen weit weniger sich eignet. Aber man hat mit diesen Tönen auch viele andere verwechselt die von Thieren herrühren, also durch ihre Langsamkeit und ihren Klang doch leicht von jenen zu unterscheiden waren.

Die meisten Meteore sind gleichfalls von einem eigenthümlichen Tone begleitet, der namentlich den electrischen Erscheinungen anzugehören scheint. Soviel ist gewiß, daß in früheren Zeiten die Atmosphäre viel mehr Anlage zu derartigen tönenden Lusterscheinungen gehabt haben muß. Man findet davon viele Berichte namentlich bei den Schriftstellern des Alterthums, denen man nicht immer den Glauben versagen kann. Wir erinnern hier noch an das weltbekannte Getöse im Odenwald und an anderen Orten, welches der Volksglaube mit dem Namen des wilden Heeres oder der wilden Jagd belegt hat, und dessen Ursprung noch immer nicht genügend erklärt ist.

Wir bedürfen aber nicht der Sagen, nicht der geheimnißvollen Ausnahmen und Seltenheiten, welche wir nur aus Erzählungen in Büchern kennen. Wir können die Naturstimmen um uns herum vernehmen, wenn wir ihnen nur aufmerksam lauschen und frisch hinein greifen in's volle Naturleben. Freilich sind diese Stimmen nur selten artikulierte Laute, nicht einmal Töne, zu nennen, sondern meist nur Geräusche oder Schalle. Aber sie besitzen dennoch ihre Eigenthümlichkeit und eine unendliche Mannichfaltigkeit der Erscheinung, wie wir, oft unbewußt, durch die große Reihe von Benennungen ausdrücken, die wir dafür gefunden haben. Diese Stimmen sind bald ein Murmeln, Plätschern, Säuseln, Flüstern, Rauschen, Wispern, Zischen, Zispeln, Summen, Rascheln, bald ein Verhallen, Verschwingen im Nachhall oder Wiederhall, bald ein Sausen, Rasseln, Schwirren, Knallen, Brausen, Rauschen, Poltern, Prasseln, Tosen,

Donnern oder Stürmen. Vom leisesten Lufthauch, der kaum die Blätter rührt, bis zum rasenden Sturm, der Bäume entwurzelt; vom rauschenden Bach bis zum tosenden Meer: welche Scala der Eindrücke und Empfindungen.

Auch das Feuer lacht und spricht — wie der Volksglaube sagt — der Dampf pfeift und singt, das heiße Metall tönt und klingt und allenthalben, wohin man nur hört, und wo Bewegung ist, da ist auch Schall, Ton und Klang.

Selbst die Sage von dem singenden Wasser in Tausend und einer Nacht ist kein Märchen, sondern Wahrheit. Betrachten wir nur aufmerksam einen Wasserfall. *) Der Boden erbebt unter dem donnernden Sturz der Wassermasse, die Brust wird uns beengt, sie vermag die zusammengepreßte Luft nicht zu athmen. Ein seltsamer Schwall von Tönen dringt in unser Ohr, es ist das dumpfe Rauschen der sich drängenden Wasser, gemischt mit dem leisen Plätschern der niederfallenden Tropfen. Aber eine harmonische Musik schlummert noch in diesem Wassersturze, unsern stumpfen Sinnen verborgen. Dort oben, einem festen Crystallgewölbe gleich, zersplittert der stürzende Wasserbogen in zahllose Tropfen. Der Druck in der Nähe des Abflusses, in Verbindung mit der Gewalt des Falles, erzeugt eigenthümliche Schwingungen im Wasser, welche den Wasserstrahl nur durch die unmittelbare Nähe der Theile anfangs als ein zusammenhängendes Ganze erscheinen lassen. Diese Tropfenschwingungen bringen Töne hervor, die wir bloß deshalb nicht hören, weil der mitschwingende Resonanzboden fehlt, der den Tönen eine Stärke verleihen könnte, daß sie vom Geräusche der fallenden Massen

*) Nach Otto Ule, „die Natur im Geiste kosmischer Anschauung.“ (Halle, 1851) S. 167.

nicht überläßt werden. Nur das innere Ohr vernimmt das harmonische Concert der Tropfen, diese geheimen Klänge der Natur im Wasserfall.

Wir können diese Töne dennoch verfolgen und die Schwingungen sogar sichtbar machen. Dazu bedarf es aber besonderer Apparate und wir müssen den Wasserfall verlassen, um im Kleinen, an einem Springbrunnen den Versuch zu machen, wozu uns *Derstedt***) den Weg gezeigt hat.

Diese, wie alle Naturtöne, verleihen dem Ganzen — sagt *Derstedt* — eine Aeußerung von Leben und Wirksamkeit. Der Laut des fallenden Wasserstrahles ist zusammengesetzt aus unzähligen, mehr einzelnen, deren Wirkung ihre Eigenthümlichkeit durch die darin herrschende Anordnung erhält. Denn alle die mannichfaltigen, in verschiedenen Bogen herabfallenden Tropfen bringen eine Reihe von gesetzmäßigen Tonabwechslungen hervor. Der Eindruck, welchen wir davon empfangen, ordnet die Mannichfaltigkeit von ungeordneten, uns unbewußten Eindrücken, welche wir von Außen empfangen, zu einem Gesamtbild, und regt in uns die Empfindung des Friedens und der Ruhe beim Anblick des Springbrunnens an.

Beim Wasserfall würde der Eindruck des Kampfes und Ringens vorwaltend sein, andere Naturerscheinungen werden die Empfindung der Sehnsucht, zc. rege machen, aber allenthalben wird dabei der Toneindruck, oder die, das Ereigniß begleitende Naturstimme, theils maßgebend, theils besonders thätig sein, ohne daß die Seele sich immer dessen bewußt ist. Die Erfahrung lehrt, daß sogar der Genuß eines Gemäldes durch gleichzeitige Tonwirkung nicht nur erhöht, sondern gleichsam vergeistigt wird, ebenso wie bei Dioramen die Wirkung durch die begleitenden Töne wesentlich sich steigert.

**) *Derstedt*, Geist in der Natur, Band I. S. 48.

So wird ein aufmerkamer Beobachter in der Natur allenthalben charakteristische Klänge vernehmen, die, wie hier beim Springbrunnen, dem flüchtigen Beschauer verborgen, dennoch mehr zur „Stimmung“ beitragen, als man vermuthen sollte.

Darum haben auch im Alterthum die Priester, welche der Natur am Nächsten standen, diese Klänge als Orakel benugt, auch wohl theilweise verstärkt und vervielfältigt. Darum haben die Dichter aller Zeiten mit seltener Uebereinstimmung und nie abnehmender Begeisterung den Naturlauten gelauscht, und sie lebendig geschildert. Der Musiker aber, dünkt uns, sollte sie noch gründlicher erforschen und das Eigenthümliche dieser Lautwirkungen mehr in's Auge fassen, als meist zu geschehen pflegt. Wenn man so weit geht, zu behaupten, daß die Menschen durch die Naturstimmen nicht nur die Musik und den Instrumentenbau, sondern sogar die Sprache erlernten — so ist wohl nicht zu viel gewagt, wenn man behauptet, daß die Musiker auch noch in unseren Tagen von der Natur wohl lernen könnten.

Man verstehe uns recht. Der Musiker soll nicht die Naturstimmen blind nachahmen, also nicht directer Naturmaler in Tönen werden. Diese Richtung ist eine verfehlte und bleibt es, trotz der Kunstwerke eines Beethoven und Spohr, die in der Sinfonie pastorale und in der „Weihe der Töne“ so Vorzügliches geleistet haben. Diese Meisterwerke sind nur soweit mangelhaft, als sie sich bemühen, das Surrogat der Natur sein zu wollen, und Gewittersturm, Vögelgesang, Blätterrauschen und Wellenschlag nachzubilden, also mit Tönen zu malen. Soweit diese Kunstwerke aber Stimmungen ausdrücken, die durch die Natur und ihre Laute indirect, aber folgerichtig hervorgerufen werden — was namentlich Mendelssohn in der Hebriden-Duvertüre so unübertrefflich geleistet hat — sind diese Meister, nicht nur im vollen Recht, son-

bern zeigen uns durch ihr Beispiel gerade den Weg, den wir dabei im Auge haben sollen.

Zu den Grundbedingungen eines jeden Kunstwerkes gehören Naturwahrheit und Einfachheit des Ausdruckes, wie Sparsamkeit und Einfachheit der Mittel. In allen Künsten finden wir aber diese Grundsätze strenger festgehalten, als in der Musik, die durch den Reichthum ihrer Mittel leicht zur Verschwenderin wird. Wir meinen nun, daß hier der Musiker von der Natur lernen sollte. Um die Stimmung im Hörer hervorzurufen, die man beabsichtigt, ahme man der Natur nach, ohne sie zu copiren, und man wird von selbst einfach, sparsam und naturwahr zugleich sein. Dies kann natürlich nur in den Grundlinien gelten, denn eine fernere Bedingung der Kunst ist, das zu vergeistigen, zu veredeln und zu concentriren, was vereinzelt, unabsichtlich und zuweilen roh als Material vorliegt.

Von welcher bezaubernden Wirkung ist der Klang der Aeolscharfe, namentlich für Unvorbereitete und Nichtmusiker. Dieser Klang kann allerdings streng genommen nicht mehr zu den Naturstimmen gerechnet werden, doch steht dieses einfachste aller Instrumente an der Grenze zwischen Kunst und Natur, und darf jedenfalls als der letzteren verwandt betrachtet werden, indem es die Harmonien in der Gesamtheit giebt, welche in der Natur vereinzelt vorkommen. Die Aeolscharfe tönt nur im Grundton, Quinte, Terz und Septime durch zwei Octaven, woraus sich in verschiedenen Combinationen die sieben Grundaccorde der Harmonie ergeben. Ueberhaupt aber sind es immer nur Harmonien, nicht Melodien, welche wir vernehmen, wobei vor allen die länggehaltenen Grundtöne, von besonderer Wirkung sind — ein Fingerzeig zur Verwendung der Orgelpunkte, welche noch lange nicht vielseitig genug ausgebeutet sind.

Von welcher wunderbaren Wirkung eine einfache,

der Natur und Empfindung gleichsam abgelauschte Accordfolge ist, beweist unter Andern recht schlagend jene berühmte Stelle mit dem Nonenaccord in Beethoven's neunter Symphonie (Adagio non troppo ma divoto, G-Moll) zu den Worten:

„Ihr stürzt nieder Millionen!
Ahnest Du den Schöpfer, Welt?
Such' ihn über'm Sternenzelt;
Ueber Sternen muß er wohnen.“

Diese Stelle ist der Natur im höheren Sinne so angepaßt und doch so vergeistigt, wie sie freilich nur das Genie aus der Natur in den Geist übertragen kann. Aber sie schwebt uns als lebendigstes Beispiel dessen vor Augen, was der Musiker auf diesem Wege, mit den einfachsten Mitteln in Bezug auf „Stimmung“ erreichen kann.

Ebenso hat Richard Wagner diese Schönheit in der Wahrheit nicht nur empfunden, sondern auch nachgebildet. Er, der vor Allen auf Wahrheit und Einheit in Empfindung und Ausdruck dringt, hat das ebenfalls practisch bewiesen, was sich uns aus der Beobachtung ergibt. In seinen Compositionen findet sich mehr als eine Stelle, welche an Wirkung jenem Beethoven'schen Gedanken nichts nachgibt und mit eben so einfachen und naturwahren Mitteln erreicht ist.

Wie tief der Zauber der Naturstimmen in der Menschenbrust wurzelt, verkündet am Besten der Dichtermund, der die Natur personificirt, die Töne sprechen läßt und in naiver Hingebung die elementaren Eindrücke schildert.

Schon Homer*) warnt durch den Mund der Circe vor dem Gesang der Sirenen:

*) Odysse, XII. 40 — 85.

„ — — — — welche die Menschen

Sanberisch all' einnehmen, so Jemand ihnen herankommt,
Mit hellem Gesange, sitzend am grünen Gestade.“

und vor der Scylla:

„ — — — — dem fürchterlich bellenden Schensal,

Deren Stimme so hell, wie des neugeborenen Händleins.“

Begeistert singt Pindar in seinem Hymus *):

„Nur die dem Zeus verhaßt sind, erschrecken, wenn sie
den Laut der singenden Nusen hören, auf dem Lande, wie
auf den tosenden Meereswogen!“

Wie gläubig ruft Elijhu zu Jehova: **)

„Hört doch das Loben seines Donners und das Gemur-
mel, das aus seinem Munde kommt! Unter dem ganzen Him-
mel leitet er es hin, und sein Feuer nach den Säumen der
Erde. Nach ihm brüllet der Donner; er donnert mit seiner
erhobenen Stimme, und hält es nicht zurück, läßt sich seine
Stimme hören.“

Nicht minder lebendig schildern Lucrez, Virgil,
Ovid die Sprache der Elemente, die sich ihnen zu
Stimmen der Götter verwandelte.

Eine allgemein menschliche Stimmung, eine tief-
empfundene Treue der Abspiegelung des Innern fin-
den wir in den neueren Dichterweisen, welche die Na-
tur um ihrer selbst Willen preisen und ihre Sprache
so in Worte fassen, wie der Musker sie in Tönen
wiedergeben soll. Von den Minnesängern bis
zu den Sängern unserer Tage eine ununterbrochene
Kette der herrlichsten Schilderungen.

Wir erinnern nur in Tristan und Isolde ***)
an die Schilderung der Grotte, wohin die Liebenden
verbannt wurden:

*) An Hieron den Aetnäer (von Syrakus).

**) Buch Job.

***) Von Gottfried von Straßburg, Uebersetzung von
Kurz.

Sie empfing der kühle Broune,
 Der gegen ihre Augen schön entsprang
 Und schöner in ihren Ohren klang,
 Rannend ihnen entgegen ging,
 Mit seinem Rannen sie empfing:
 Er raunte gar süße
 Gegen sie seine Grüße.
 So grüßten sie auch die Binde
 Mit den viel süßen Wunden,
 Erfreuten außen und innen
 Ihre Ohren und ihre Stunen.

Wie ein Nachhall aus jener naiven Zeit giebt
 uns Eichendorff in seinem herrlichen „Nachtgesang“
 ein Gesamtbild ähnlicher Stimmungen, das wir als
 Muster der romantischen Naturanschauung aufstellen
 können:

Hörst Du nicht die Bäume rauschen
 Dranken durch die stille Mund'?
 Lockt's Dich nicht, hinobzulanghen
 Von dem Söller in den Grund,
 Wo die vielen Bäche gehen
 Wunderbar im Mondenschein,
 Und die stillen Schlösser sehen
 In den Fluß, vom hohen Stein?

Kennst Du noch die irren Lieder
 Aus der alten, schönen Zeit?
 Sie erwachen alle wieder
 Nachts in Walbeseinsamkeit,
 Wenn die Bäume träumend lauschen
 Und der Flieder duftet schwül,
 Und im Fluß die Nixen rauschen:
 Komm herab, hier ist's so kühl! —

Höchst bezeichnend für unsere Ansicht dieser mu-
 sikalisch-poetischen Auffassung der Naturtöne ist ein
 Ausdruck Schiller's in seiner Abhandlung über

naive und sentimentale Dichtung, in welchem er Klopstock einen musikalischen Dichter nennt.

„Ich sage, musikalischen, um hier an die doppelte Verwandtschaft der Poesie mit der Tonkunst und mit der bildenden Kunst zu erinnern. Je nachdem nämlich die Poesie entweder einen bestimmten Gegenstand nachahmt, wie die bildenden Künste thun, oder je nachdem sie, wie die Tonkunst, bloß einen bestimmten Zustand des Gemüths (das, was wir Stimmung nennen) hervorbringt, ohne dazu eines bestimmten Gegenstandes nöthig zu haben, kann sie bildend (plastisch) oder musikalisch genannt werden. Der letztere Ausdruck bezieht sich also nicht bloß auf Dasjenige, was in der Poesie wirklich und der Materie nach Musik ist, sondern überhaupt auf alle diejenigen Effecte derselben, die sie hervorzubringen vermag, ohne die Einbildungskraft durch ein bestimmtes Object zu beherrschen; und in diesem Sinne nenne ich Klopstock vorzugsweise einen musikalischen Dichter.“ —

Der Dichter, der Prophet ist, im wahren Sinne des Wortes, blickt aber noch weiter. Er sieht in das Innere der Natur und hört ihre Stimmen mit dem geistigen Ohr auch da, wo sie für das äußere Ohr nie gefunden werden. Ihm ist der Ton dann das Sinnbild des Lebens, der Bewegung, der Abglanz der innersten Eigenthümlichkeit des Individuellen in der Naturerscheinung. Mit welcher unendlichen Feinheit und mit gleichsam prophetisch gesteigerten Sinnen schildert Göthe den Sonnenaufgang durch Töne *). Er überragt dadurch kühn die menschliche Empfindungsweise und trifft in diesem Gedanken wunderbar mit jener vollkommen berechtigten Ansicht zusammen, welche annimmt, daß die Aetherschwingungen, die uns als Licht erscheinen, für höher organisirte Wesen zu Tönen werden müssen. Dieser überraschend schöne Aus-

*) Faust, 2ter Theil, 1ster Act, 1ste Scene.

druck des innersten Naturlebens in seiner Größe und
 Feinheit möge denn auch den würdigsten Schluß die-
 ses Briefes bilden, welcher nur einen aphoristischen
 Blick in die Gedankenwelt gestatten konnte, die sich
 dem Lauscher der Natur unabsehbar und allenthalben
 erschließt.

A r i e l.

„Hörcht! hörcht! dem Sturm der Horen,
 Tönend wird für Geistes-Ohren
 Schon der neue Tag geboren.
 Felsenthore knarren rasselnd,
 Phöbus' Räder rollen prasselnd;
 Welch' Getöse bringt das Licht!
 Es trommetet, es posaunet,
 Auge blitzt und Ohr erstaunet,
 Unerhörtes hört sich nicht!“

Siebenter Brief.

Physikalische und Chemische Musik.

Was sind die elementarischen Erscheinungen der Natur gegen den Menschen, der sie alle erst bändigen und modificiren muß, um sie sich einigermassen assimiliren zu können.

Ö t h e.

Ein angeborener Instinct sagt dem Menschen, daß jede Wirkung ihre Ursache haben müsse. Gelingt es dem schlichten, unbewaffneten Verstande nicht, im Kreise seiner Erfahrungen eine Ursache zu entdecken, so ist er nur zu sehr geneigt, die Wirkung den Einflüssen einer höheren, unbekanntem Welt zuzuschreiben.

Die tägliche Erfahrung lehrt uns, daß, um einen bestimmten Ton zu hören, allemal ein tönender Körper erforderlich sei, dessen stehende Schwingungen durch die Luft zum Ohre getragen werden. Wo nun kein solcher schwingender Körper ersichtlich ist, — wie bei der Luftstimme auf Ceylon, bei dem Jubul-Nakuhß oder tönenden Berg am rothen Meer, dem Reg-Ruwan in Cabul *), dem Cariz-

*) A. Burnes Nachrichten über Cabul und den Reg-Ruwan oder Berg vom tönenden Sand, der zur Sommerzeit einen Ton wie von Trommeln giebt. — Poggenдорfs Annalen, Band 58, S. 350.

hana und Castillo *) am Orinoco, bei den Tönen der Memnonsäule und dem Läuten der Bergglocke **) — da ist der Volksglaube sogleich bereit, darin die Stimme eines guten oder bösen Geistes oder eines Drafels aus der anderen Welt zu vernehmen.

Die tägliche Erfahrung kann hier auch nicht ausreichen. Die Wissenschaft ist aber dahin gelangt, uns durch Instrumente zu beweisen, daß auch ein Tönen stattfinden kann, ohne von den stehenden Schwingungen eines klingenden Körpers herzurühren ***). Es genügt, wenn auf andere Art schnell auf einander folgende isochronische Stöße dem umher befindlichen Medium unmittelbar mitgetheilt und dadurch in diesem fortschreitende Schallwellen erregt werden.

Den allgemeinen Beweis dafür lieferte uns bereits (im fünften Briefe) die Syrene von Savart. Der specielle Beweis in jedem einzeln vorkommenden Falle ist schwieriger, doch ist schon hinlängliches Terrain gewonnen, wenn die Möglichkeit nachgewiesen ist, oder in anderen Fällen die Erscheinung durch Apparate nachgebildet werden kann.

Nehmen wir diese sonderbaren musikalischen Instrumente, wie sie nur der Physiker und Chemiker baut, zur Hand, um die geheimnißvollen Naturklänge in noch seltsamere Musik zu verwandeln. Sie dienen dazu, die (im zweiten bis vierten Briefe) ausgesprochenen Gesetze zu bestätigen und uns zur Evidenz zu beweisen: daß die Tonschwingungen nicht von der Natur des tönenden Körpers abhängen,

*) Dr. Roulin im Bulletin universelle, Sect. I. T. XI. p. 54.

**) Jakobs in v. Zach's monatlicher Correspondenz, Band 27.

***) Schladu's Aufsatz in Poggendorfs Annalen, 1826. Band 8, S. 453.

sondern von der Natur der Bewegung. Für den Ton ist die Wahl der Körper ganz indifferent, nur nicht für den Klang. Jeder Körper muß beliebige Töne geben können, wenn wir vermögen, ihn in die rechten Schwingungen zu versetzen. So muß z. B. irgend eine Flüssigkeit zum Tönen gebracht werden können, wenn wir nur die vorhandenen Naturkräfte gehörig benutzen.

Denken wir uns ein Gefäß, durch welches fortwährend eine Flüssigkeit hindurchströmt, z. B. einen Blasbalg oder Wassertrichter. Verwandeln wir die continuirliche Bewegung des Stromes in eine periodisch wiederkehrende, d. h. decken wir die Oeffnung periodisch zu, indem wir das Oeffnen und Schließen durch eine mechanische Vorrichtung bewirken, so muß ein Ton entstehen, wenn die intermittirende Bewegung nur schnell und regelmäßig genug geschieht.

Dies erreichen wir mit Savart *) durch ein, mit Schaufeln versehenes oder gezahntes Rad, welches sich rasch umdreht, und auf dessen Schaufeln der Strom durch ein enges Rohr getrieben wird. Noch bessere Effecte erzielen wir durch eine rotirende Scheibe, welche an ihrem Umfang mit Löchern versehen ist. Die Scheibe kann entweder durch eine mechanische Vorrichtung mit der Hand umgedreht werden, oder wir richten es durch schiefe Bohrung der Löcher so ein, daß die Strömung selbst diese Drehung bewirkt. Auf diese Art erhalten wir eine neue Sirene, wie sie Cagniard Latour **) construirte und von Seebeck und Dpelt ***) verbessert wurde. Durch einen Zählapparat kann man die Anzahl der Umdrehungen messen und mit den Angaben der Savart'schen Rad-Sirene vergleichen. Durch die Intensität und Ge-

*) Woggendorf's Annalen, Bb. 20, S. 298.

**) Blot, Traité de Physique, Bd. II.

***) Dpelt, Ueber die Natur der Musik, 1834. — Allgemeine Theorie der Musik, 1852.

schwindigkeit des auf die Scheibe geleiteten Stromes wird die Geschwindigkeit der Rotationen und somit die Tonhöhe modificirt.

Mit diesen neuen Sirenen sind viel umfassendere Versuche anzustellen, als mit den Savart'schen. Leiten wir einen Luftstrom auf die durchlöchernte Scheibe, so sind es Luftstöße, welche den Ton bewirken. Die rotirende Scheibe schließt den Luftstrom so oft ab, als ihre Löcher nicht über der Ausströmungsöffnung stehen. So oft aber eine der Scheibenöffnungen über dem Blaserohr steht, strömt die Luft gewaltjam heraus, stößt gegen die äußere Luft und bewirkt eine Verdichtung, auf welche wieder eine Verdünnung folgt, sobald die Deffnung geschlossen wird.

Durch dieses Instrument wird im Luftstrom also dieselbe periodische Stoßbewegung erzeugt, die man an der schwingenden Zunge eines Mundstückes (Zungenpfeife) beobachtet, wenn sie die Rinne, durch welche die eingeblasene Luft entweicht, abwechselnd öffnet und schließt.

Ähnliches geschieht in der Natur, ohne unser Zuthun, an den Aeolus-Orgeln, wie Lichtenberg*) humoristisch die Musil nennt, womit uns zuweilen, bei einem Regenwind, unsere schlecht verwahrten Fenster und Thüren unterhalten. Dieser Ton ist bekanntlich sehr unangenehm und heulend, weil er sich in jedem Augenblick verändert, da seine Höhe und Tiefe nicht nur von der geringern oder größern Weite der Spalte, sondern auch von der größern oder geringern Festigkeit des Windes abhängt, wie Chladni**) bemerkte. „Jedoch erinnere ich mich“, sagt Lichtenberg, „in einem Gartenhause, wo die

*) Lichtenberg, Vermischte Schriften. Göttingen 1845. Bd. 6, S. 9.

**) In Boggendorfs Annalen, 1826, Bd. 8. „Ueber Töne ohne klingenden Körper.“

Ritzen in Fenstern und Thüren, durch die Stärkever-
schlossener Sommerläden gar mannigfaltig ausgeblasen
wurden, auch angenehme Töne gehört zu haben. Es
waren Octaven, Quinten, und zuweilen Septimen.
Was aber das Vergnügen hierbei gar sehr vermeh-
rte, war die beständige Arbeit der Vernunft, von
diesen Empfindungen die stark affectirten Ideen von
schlechter Beschaffenheit des Hauses, Zahnweh, Schnup-
fen und rauher Witterung zu trennen, welches, aller
Mühe unerachtet, nicht immer gelingen wollte!“

Nach Cagniard Latour's Versuchen*) bringt
ein Strom von irgend einer Flüssigkeit, z. B. von
Wasser, der durch die Löcher der Syrene hindurch-
gelassen wird, genau denselben Ton hervor, als ein
Luftstrom, wenn die Zahl der Unterbrechungen des
Stromes in der Secunde die nämliche ist. Dies ist
durch denselben Grundsatz erklärlich, auf dem das
Gleichbleiben der Tonhöhe der Mundstücke beim Hin-
einblasen verschiedener Gasarten, — statt atmosphä-
rischer Luft — beruht. Auch wenn die Scheibe der
Syrene unter Wasser gesetzt wird, bleibt sich der Ton
gleich, sobald nur der Wasserstrom mit gehörigem
Druck auf die Oeffnungen geleitet wird.**) Daß das
Wasser auch durch selbstständige Schwingungen in
seinem Innern Töne erzeugt, ist bereits im vorigen
Brieife angedeutet worden. Savart***) hat das durch
höchst sinnreiche Versuche dargethan.

Einen wahrhaft diabolischen Effect bringt aber
die Syrene hervor, wenn man sie auf einen Dampf-
kessel schraubt und einen Dampfstrom von einigen
Atmosphären Spannung hindurchpfeifen läßt. Der
Ton ist dabei von unerträglicher Höhe und Stärke
und bringt im geschlossenen Raum förmliche Betäu-

*) Biot, *Traité de Physique*, II. 106.

***) Müller, *Physiologie*, Bd. II. A. I. S. 134.

****) Poggendorfs *Annalen*, Bd. 29. S. 357.

bung hervor. Doppler*), der sich ausführlich mit diesem Instrumente beschäftigte, das er als treuesten Warnungsapparat und genauesten Druckmesser auf Dampfesseln empfiehlt, hat gefunden, daß die Tonhöhe genau mit dem Anwachsen der Dampfspannung zunimmt.

Ganz ähnliche Erscheinungen bietet die Jedermann bekannte Dampfpeife auf Locomotiven mit ihrem, eine halbe Stunde weit vernehmbarem Tone dar. Der Dampf bläst dabei durch eine feine, kreisförmige Oeffnung aus, und stößt gegen den scharfen Rand einer dicht darüber angebrachten Metallglocke an. Der Strahl theilt sich, geht theils in das Innere der Glocke, theils in die Luft, versetzt die Glocke durch den Stoß in Vibrationen und erleidet dadurch Verdichtungen und Verdünnungen, welche sich als Stöße der Luft mittheilen und so den Ton erzeugen, der dem der Dampfshrene ähnlich ist.

An unseren Lippen beobachten wir einen verwandten Vorgang beim Pfeifen mit dem Munde. Bekanntlich ist das Pfeifen eine Kunst, die nicht eben Jeder versteht, die erlernt sein will und von Manchen bis zur größten Virtuosität ausgebildet, von den Meisten aber nur höchst dilettantisch betrieben wird. Was jedoch beim Pfeifen vorgeht, dürften die Wenigsten wissen. Das Phänomen ist gar nicht so einfach und sogar Gegenstand einer gründlichen Untersuchung des gelehrten Hofrath Munké gewesen**). Er hat gefunden, daß die Oeffnung der Lippen bei höheren Tönen enger, bei tieferen weiter ist, daß der Ton schwerer erzeugt wird, wenn die Lippen trocken, als wenn sie naß sind, daß konisch zugespitzte Lippen zum Pfeifen am Meisten geeignet sind u. s. s. — Erfahrungen die allerdings auch jeder Andere instinktmäßig

*) Wiener Academie, Berichte, 1851, Februar; 1849, October.

**) Gehlers physikalisches Wörterbuch. 8 Bd. S. 383.

benutzt. Munde schließt daraus, daß die Rippenränder beim Pfeifen vibriren und durch ihre Schwingungen die durchströmende Luft zum Tönen bringen, indem sie einen intermittirenden Strom, folglich keine Luftstöße erzeugen, die bei veränderlicher Deffnung Töne von ungleicher Höhe erzeugen.

Die Wasser- und Dampfmusik wäre aber noch mannichfaltiger Verbesserungen fähig, an denen eine, nach Curiositäten lüsterne Zeit sich versuchen könnte. Die Engländer welche die Unternehmungen im größten Maßstabe lieben, und nebenbei vom Spleen geplagt werden, haben es auch wirklich an Vorschlägen nicht fehlen lassen, um den alles beherrschenden Dampf auch in die musikalische Welt einzuführen, und durch Dampf-Concerte nicht nur ein abgeschlossenes entréepflichtiges Publikum, sondern eine ganze Stadt höchst liberal zu beglücken.

Bei Virtuosen von Profession dürfte diese Dampf-Musik Anklang finden, weil sie darin eine neue Erwerbquelle finden könnten, um durch „nie Gesehenes und nie Gehörtes“ ein gutes Cassengeschäft zu machen, statt mit Pianoforten, mit Dampf-kesseln durch die Welt zu ziehen und ganze Städte in musikalischen Belagerungszustand zu versetzen. Darum wäre es eigentlich gerathener, unsere Andeutungen zu unterdrücken. Doch fürchten wir nicht, daß Virtuosen „vom Handwerk“ unsere Briefe lesen!

Ein Herr Welch schlug schon vor 30 Jahren dem Mechaniker Perkins in London vor*), eine metallene Clarinette am Dampfkessel anzubringen und eiserne Griffe durch mechanische Vorrichtungen darauf spielen zu lassen, was laut genug klingen würde, um eine halbe Stadt damit zu „unterhalten.“ James Birkett von Dvingham brachte diesen Vorschlag auch wirklich zur Ausführung mit einer Dampf-

*) Mechanics Magazine, 1826. 4. August.

orgel, die er an einer Locomotive zwischen Newcastle und Carlisle anbrachte, um den reisenden Gentlemen ihr „God save the Queen“ gehörig in's Gedächtniß zu rufen. *) Dieses furchtbare Instrument bestand aus 8 Pfeifen, welche nach der Octave gestimmt waren, ohne halbe Töne. Man hoffte, daß Birkett, der ebenso guter Musiker als Mechaniker war, diese Dampforgel noch auf einen „hohen Grad der Vollkommenheit bringen würde“ — wovon uns jedoch der Himmel bis jetzt gnädig bewahrt hat!

Selbst diese Idee ist nicht einmal neu. Schon vor mehr als 800 Jahren hatte man zu Rheims eine von Herbert erbaute Wasserorgel**), „in welcher die Luft, die auf eine wunderbare Weise durch die Gewalt des siedenden Wassers ausgetrieben wurde, die Höhlung des Instrumentes füllte, und kupferne Röhren durch ihre verschiedenen Oeffnungen die Töne modulirten.“ — Man hielt damals den Dampf für ausgetriebene Luft. —

Seitdem Chladni auf diese, durch Stöße ohne klingenden Körper erzeugten Töne, die wir kurz Stoßtöne nennen wollen, aufmerksam gemacht hat***), sind noch viele derartige Erscheinungen aufgefunden worden ohne daß ihre Anzahl als bereits erschöpft, oder ihre Entstehung als allenthalben vollkommen begründet, bezeichnet werden könnte.

Eine besondere Art von Stoßtönen sind die Klirrtöne, die Folge von Schlägen eines festen Körpers auf einen andern, die wir bei den Schwingungsarten der Saiten betrachten werden. Zu den Stoßtönen gehören ferner die Töne rotirender Axen, welche Cagniard Latour mittelst eines eigenen Apparates (moulinet à battements) †) studirt

*) Tyne Mercury, 1838.

**) Zu Zeiten Malmsbury's, im Jahre 1002. Siehe dessen „History.“

***) Boggendorf's Annalen, 1826. Bd. 8. S. 453.

†) Comptes rendues, XXXII, 1851, vom Jahre 1851.

und gefunden hat, daß diese Töne, deren Schwingungszahlen der Anzahl der Umdrehungen gleichkommen, von Stößen herrühren, welche die, nie ganz gleichmäßig abgedrehten Axen, auf ihre Lager dann ausüben, wenn die Geschwindigkeit auf ein gewisses Maaß angewachsen ist.

Die Töne fliegender Insekten sind von Chladni als eine Folge des gleichförmigen Flügel-schlages gegen die Luft und der dabei entstehenden Reibungen erkannt, und von Burmeister *) näher untersucht worden. Je schneller diese Thiere fliegen, desto höher der Ton. Da die, jedem Ton zukommende Schwingungszahl bekannt ist, so kann man aus dem hohen Ton eines solchen Thieres auf die enorme Geschwindigkeit der Bewegung ihrer Brustmuskeln schließen, welche sich in der Sekunde mehrere tausend Mal zu strecken vermögen, während ein englischer Renner dies nur fünf Mal in derselben Zeit vermag.

Im täglichen Leben begegnen uns Fälle von Stoßtönen, auf die wir weniger achten. So das Sausen und Zischen, welches durch schnelles Hauen in die Luft vermittelt eines Stabes hervorgebracht wird. Schlägt man mit der schmalen Seite eines Lineals, so ist der Ton höher, als bei dem Schlag mit der breiten Seite. Einigermassen bestimmbare Töne können auch durch einen Peitschenschlag und ähnliche Explosionen hervorgebracht werden. Hierbei ist die Thatsache merkwürdig, daß ein einfacher Stoß auf die Luft diese, allerdings unvollkommenen Töne erzeugt. Dies ist nur durch die Erfahrung erklärlich, daß die Wirkung auf das Gehör, auch wo in ganz freier Luft kein Echo oder Nachhall stattfindet, doch immer nicht nur augenblicklich ist, sondern eine gewisse Zeit hindurch dauert. Daß hier eine, in der Luft durch einen Stoß erregte Schallwelle mehrere nach-

*) Poggendorf's Annalen, 38. S. 263.

folgende veranlaßt, welche die Wirkung verlängern, und durch ihre Summe ein tonähnliches Geräusch erzeugen, stimmt mit den Beobachtungen der Gebrüder Weber überein*), welche durch einen Stoß fünfzig Wasserwellen erregten, wodurch die Möglichkeit erwiesen ist, daß ein energischer Luftstoß eine größere Anzahl Luftwellen erzeugen könne.

Vor Kurzem hat Baudrimont**) noch bemerkt, daß, wenn man versucht, in der Nähe eines Eisengitters mit einer Peitsche zu knallen, man statt des gewöhnlichen scharfen knallenden Tones nur ein eigenthümliches Zischen vernimmt. Entfernter stehende Personen hörten sowohl den Knall, als auch das Zischen.

Wenn eine abgeschossene Kugel durch die Luft saust und pfeift, sodaß bei Gesichten von einer Musik der Kugeln gesprochen wird, (welche für das betreffende zuhörende Publikum übrigens nicht sehr reizend sein soll), und wenn dabei Chladni bemerkt, daß die Höhe oder Tiefe des Kugelgesanges theils von der Größe theils von der Geschwindigkeit der Kugel abhängt — so ist man geneigt, diesen Ton mit dem der rotirenden Axen in ihren Lagern zu vergleichen, da die Kugel beim Abfeuern in der That in rotirende Bewegung gesetzt wird und nie vollkommen rund ist.

Derartige Phänomene, welche Jeder beobachten und durch eigene Erfahrungen vermehren kann, mögen an sich sehr unbedeutend erscheinen. Sie gewinnen aber an Interesse durch den Zusammenhang der Erscheinungen, und durch ihr Unterordnen unter allgemein gültige Naturgesetze, welche den Schlüssel zu Thatsachen geben, die ebenso räthselhaft, als jene gleichgültig erscheinen.

*) Weber, Wellenlehre S. 80 ff.

**) Comptes rendues, XXXII. 831.

Dahin rechnen wir die chemische Musik, und die Musik der Wärme und Electricität, welcher wir schließlich noch unsere Aufmerksamkeit zuwenden wollen, bevor wir das Gebiet der Naturstimmen und Stoßböne verlassen, um uns dem eigentlich musikalischen Gebiete der stehenden Schwingungen ausschließlich zu widmen.

Schon die alten Chemiker kannten das, nur in Gasform vorkommende, unter allen wägbaren Stoffen am leichtesten Element, den Wasserstoff, der einen Hauptbestandtheil des Wassers und fast aller organischen Körper ausmacht. Mengt man zwei Maß Wasserstoff mit einem Maß Sauerstoff, so erhält man das bekannte Knallgas, welches bei seiner Entzündung mit starker Explosion und Wärmeentwicklung sich plötzlich in Wasser umwandelt. Wenn man aber in einem Gläschen, (durch Aufgießen von verdünnter Schwefelsäure auf Zink) Wasserstoff erzeugt und durch ein dünnes Röhrchen entweichen läßt, so kann man das Gas ganz gefahrlos entzünden. Es verbindet sich dann langsam mit dem Sauerstoff der Luft und brennt mit heißer, aber wenig leuchtender Flamme. Dieses kleine Licht nannten die alten Chemiker höchst zweideutig „lumen philosophicum.“

Unserer Zeit war es vorbehalten, dieses lumen zu neuen, und zwar musikalischen Ehren zu bringen. De Lüc*) entdeckte zufällig, als er das, beim Verbrennen des Wasserstoffes gebildete Wasser in einem Kolben auffangen wollte, und darum den offenen Hals des Glaskolbens über die Flamme hielt, daß ein Ton entstehe. Sogleich nach Bekanntwerden dieser sonderbaren Entdeckung wurde dieser Versuch vielfach wiederholt und bestätigt. Man fand, daß man immer

*) Neue Ideen über Meteorologie, I. 138. §. 200. Nach Runde soll Higgins schon 1777 die nämliche Erscheinung beobachtet haben.

einen Ton erhielt, wenn man Röhren aus Glas, Metall, selbst aus Holz und Papier, (die entweder offen oder geschlossen sein konnten, aber immer von gewisser Weite und Länge sein mußten), über die Wasserstoff-Flamme hielt, so daß diese ein Stück innerhalb des Rohres sich befindet. Man fand ferner, daß auch andere brennbare Gase, namentlich Kohlenoxyd, ölbildendes Gas, Kohlenwasserstoffgas, Weingeist- und Aethergas, dieselbe Tonerzeugung bewirkten, daß aber Wasserstoff das Phänomen am deutlichsten und bestimmtesten zeigte. Der Ton ist anfangs summend und geht dann in einen scharfen Klang über, welcher sogar dem Gehör beschwerlich werden kann. Mit Veränderung der Stellung der Flamme in der Röhre ändert sich die Tonhöhe.

Man hat zur Erklärung dieser Erscheinung eine ganze Reihe von Hypothesen aufgestellt, aus denen wir die berühmtesten, von Chladni*) und Faraday**) hervorheben wollen. Chladni entschied sich dafür, daß der tönende Körper die Luftsäule im Innern der Röhren sei, indem die Gasverbrennung die Luftsäule auf gleiche Weise in Schwingungen versetze, wie dies bei den Blasinstrumenten geschieht. Für diese Erklärung spricht namentlich der Umstand, daß der Ton bei der Verbrennung derselbe ist als wenn man in das betreffende Rohr hineinbläst.

Dem entgegen steht die Faraday'sche Erklärung. Faraday nimmt an, daß die Verbrennung des Wasserstoffes in der Luft Nichts Anderes sei als eine ununterbrochene Reihe kleiner, unter gewöhnlichen Umständen nicht hörbarer Explosionen, welche aber so schnell hinter einander folgen, daß sie in der um-

**) Neue Schriften der Gesellschaft der Naturfreunde. Berlin 1795, I. 125.

***) Annales de Chimie et Physique, VIII. 363.

schließenden Röhre, deren Wand eine angemessene Resonanz giebt, als Ton gehört werden. Nach dieser Erklärung gehört also das Phänomen in die Reihe der Stoßtöne, und nicht, wie Chladni will, in die der Blasinstrumente.

Mag man sich nun der einen oder andern Hypothese anschließen, so beweist uns dieses Phänomen doch von Neuem, wie unendlich mannigfaltig die Art und Natur der tonerregenden Mittel sei. Man nannte diese, durch das lumen philosophicum angeblasenen Glasröhren die chemische Harmonika, da ihr Ton dem der Glasharmonika ähnlich ist, und verfehlte nicht, diese Harmonika als musikalisches Instrument in Vorschlag zu bringen.

Professor Dewhurst in England construirte daraus wirklich ein musikalisches Instrument, für das er, noch ehe es zur Ausführung kam*), den Namen, Hydrogaseon, gefunden hatte. Es sollten mehrere verschieden gestimmte gläserne Röhren in einem Rohre angebracht werden, in welches dann Gasströme von verschiedenem Durchmesser geleitet würden. Doch hat sich Chladni gleich anfangs aus triftigen Gründen gegen derartige Instrumente erklärt.

Müller bemerkt**), daß, wenn man einen Apparat anbringen könnte, um mitten im Wasser kleine Blasen von Knallgas zu entzünden, welche rasch aufeinander folgen, man sicher ein sehr intensives Geräusch, vielleicht Töne erhalten würde, ohne daß dabei überhaupt ein fester Körper thätig wäre. Dies gäbe einestheils den Beweis, daß man durch Stöße, auch ohne feste Körper, Schallschwingungen in Flüssigkeiten erzeugen könne; andern theils würde diesen Versuch die Theorie Faraday's über die chemische Harmonika bestätigen.

*) Mechanics Magazine 1833. No. 499.

**) Pouillet-Müller's Physik, 4te Aufl. I. 345.

Dieser chemischen Musik ähnlich scheinen die Töne zu sein, welche in Röhren von geringer Weite dann entstehen, wenn man eine, an ihrem Ende angebrachte Glaskugel bis zu 300° erhitzt. Hier ist es aber entschieden, daß die Wärme die Tonerzeugung bewirkt. Sondhaus*), welcher das Phänomen neuerdings ausführlich studirte, hat bewiesen, daß die Luft in der Glasröhre der tönende Körper sei, welche in diesen, durch Erhitzung tönenden Apparaten nach den nämlichen Gesetzen schwingt, wie in einer gedeckten Orgelpfeife. Die Luftsäule wird in Vibrationen versetzt, welche sogar dann noch fortfahren den Ton zu erzeugen, wenn die Spitze der Kugel im Abnehmen begriffen ist.

Daß die Wärme aber nicht nur indirekt Töne in Luftsäulen erzeugt, sondern in festen Körpern ganz direkt durch Molekularactionen eine eigenthümliche Tonbildung hervorrufen kann, ist durch eine Reihe von Erfahrungen bewiesen, unter denen die von Arthur Trevelyan in Edinburg oben an stehen.

Trevelyan**) machte zufällig die Entdeckung, daß, wenn man einen heißen Metallkörper auf einen kalten legt, unter gewissen Umständen Töne entstehen können. Namentlich wenn man ein heißes Schürreisen oder einen heißen silbernen Löffel auf kaltes Blei, oder umgekehrt eine kalte Stange von Blei auf einen heißen Block von einem harten Metalle legt, können sehr musikalische Töne entstehen. Trevelyan widmete dieser Erscheinung seine besondere Aufmerksamkeit und gelangte zur Construction eines Instrumentes, welches im Anfang die, (jetzt auch bei uns gebräuchliche) Form der englischen Schürreisen oder die Gestalt des Schlägers hatte, dessen sich die Engländer beim Cricket-Ballspiel bedienen. Er nannte das

*) Voggendorfs Annalen. LXXIX, 1.

**) Edinburgh Philosophical Transactions, T. XII.

Instrument *Wackler* (*Rocker*); Andere haben es *Wieger*, *Terrophon* oder, ihm zu Ehren, *Trevelyans-Instrument* genannt.

Jetzt besteht das Instrument aus einem prismatischen Stab von Eisen, Kupfer oder Messing, von der Form eines gleichschenkligen Dreiecks, die Spitze nach unten gekehrt, platt abgestumpft und mit einer Längensfurche versehen, sodas zwei Schneiden entstehen, mit welchen das Instrument auf seine Unterlage gelegt wird, die aus einem Halbcylinder von Blei oder Zinn, mit der convexen Fläche nach oben gekehrt, gebildet wird. An dem *Wackler* oder *Wieger* befindet sich ein Stiel, der an seinem Ende mit einem Knopf versehen ist, womit er sich schief gegen den Tisch stemmt, wenn der *Wieger* quer über die Unterlage gelegt wird. Bringt man den kalten *Wieger* etwas aus seiner Gleichgewichtslage, und überlässt ihn dann sich selbst, so entsteht ein Hin- und Herwackeln desselben, indem bald die eine, bald die andere Kante der Furche die Unterlage berührt. Die einzelnen Stöße kann man deutlich mit dem Ohre unterscheiden, doch kommt das Instrument bald zur Ruhe.

Wird der *Wieger* aber erhitzt, so folgen die Stöße viel schneller aufeinander, bleiben constant, nehmen sogar an Schnelligkeit zu, und verschmelzen bald zu einem Tone. Wenn die, während des Wackelns sich berührenden Flächen des heißen Stabes und kalten Bleies Ebenen sind, so ist der, durch die Stöße hervorbrachte Schall kein musikalischer Ton. Die, im *Wackler* angebrachte Furche bedingt erst die Entstehung eines musikalischen Tones von ziemlicher Höhe. Durch ein gelindes Andrücken des Stabes auf seine Unterlage kann der Ton um mehr als eine Octave erhöht werden. Mit der Entfernung des Druckes sinkt er aber augenblicklich wieder. Oft mischen sich darein noch andere Töne, namentlich Klirröne.

Wir haben es hier offenbar mit Stößtönen zu thun. Doch sind auch hier verschiedene Erklärungen versucht worden, unter denen die von Faraday wohl die haltbarste ist. Nach ihm rühren die Stöße davon her, daß die eine Kante der heißen Furche, wenn sie die Unterlage in einem Punkte berührt, an dieser Stelle durch die Wärme eine Ausdehnung, folglich Erhöhung hervorruft, und somit ein Fallen des heißen Wieger's auf die andere Seite der Furche bewirkt. Dadurch kommt die andere Kante mit der Unterlage in Berührung, es entsteht auf dieser Seite eine Erhöhung, während die frühere Stelle sich abkühlt; der Wieger fällt in seine vorige Lage zurück, u. i. f. Diese, natürlich sehr rasch erfolgenden Schwingungen des Stabes lassen sich am Besten durch einen Strohhalm sichtbar machen, welcher, quer über den Wieger gelegt, in Schwingungen geräth und zuletzt eine drehende Bewegung zeigt. Setzt man die metallene Unterlage vom Tische weg, und hält sie frei in der Hand, so hört das eigenthümliche Tönen auf, der Beweis, daß der wahrnehmbare Ton durch die Resonanz bewirkt wird.

Verschieden davon ist die Entstehung eines ähnlichen Phänomens, welches Gilbert*) beobachtete. Eine, so eben in der Pfanne erstarrte Scheibe von Amalgamations Silber legte man mit ihrer convexen Seite auf einen kalten Amboss. Sie lag hohl und gab in dieser Lage von selbst einen tiefen Ton, den man den Orgelton des Amalgamations Silbers nannte.

Derartige Erscheinungen können öfter vor, nur daß sie sich meist als getrennte Stöße, als Knacken und Klirren z. B. an Ofenthüren, Ofenröhren, bei erkaltenden, geschmolzenen Massen, ze. zeigen. Kehren

*) Gilbert's Annalen, XXII, 323.

diese, einzeln als Stöße erscheinenden Geräusche, in hinlänglicher Menge und in gleichen Zeitintervallen wieder, so entsteht hieraus, wie immer, ein Ton. Dieser Stoßton ist aber ein ganz anderer, als beim Trevelyan, da er in der Masse selbst entsteht, die unter sich in Zusammenhang ist. Die Berührung ist in allen Punkten permanent und man beobachtet kein sichtbares Schwanken. Brandes *) schreibt den Ton der ungleichen Vertheilung der Wärme in den Metallen, wegen ihrer ungleichen inneren Beschaffenheit zu. Das Molekularverhältnisse hierbei thätig sind, geht schon aus Savart's **) Beobachtungen hervor, nach denen alle, nicht regelmäßig krystallisirte Körper sogleich nach ihrer Erkaltung weit schwieriger unter äußeren Einwirkungen ertönen, als später — während dieser Moment der Erstarrung dem inneren, selbstständigen Tönen gerade am günstigsten ist.

Es ist interessant, zu beobachten, wie jede Generation von der Wissenschaft ein neues Geschenk erhält, welches von epochemachender Bedeutung ist und einen gewissen Zeitraum hauptsächlich beherrscht. Wie im vorigen Jahrhundert die Elektrizität eine Macht war, der sich Alles gläubig zuwandte, wie zu Anfang dieses Jahrhunderts der Dampf ein Uneherrscher zu werden verhieß, so leben wir jetzt im Zeitalter des Elektromagnetismus, der in Gestalt neuer Triebkräfte, neuer Telegraphen, unter der Maske des, schon halbvergessen geglaubten Sonnenambulismus u. energisch auftritt und Anhänger wirbt, welche, wie gewöhnlich, nicht weniger als Alles von ihm erwarten.

So ging vor Kurzem durch die Spalten vieler Zeitungen die Notiz ***) , daß Professor Petrina in

*) Vorlesungen über Naturlehre III. 29.

**) Boggendorf's Annalen, XVI. 258.

***) Aus dem „Wanderer“. Siehe Sächsische Const. Zeitung vom 17. August 1852. — Neue Zeitschrift für Musik, Band 37. S. 112.

Prag ein musikalisches Instrument „auf Grundlage des galvanischen Stromes erfunden habe, in welchem man den Keim und Beginn fabelhafter Resultate erkennen könne.“ Wir wurden dabei unwillkürlich an Professor Dewhurst erinnert, welcher aus der chemischen Harmonika sogleich ein musikalisches Instrument verfertigte, dem man seine Existenz als Curiosum wohl gönnen mochte, eine practisch-musikalische Bedeutung aber mit ziemlicher Bestimmtheit von vorn herein absprechen konnte.

Die Entdeckung der elektrischen Musik ist nicht mehr so neu, als die Zeitungen glauben. Derartige Thatsachen haben aber gewöhnlich das Schicksal, erst jahrelang in den engeren wissenschaftlichen Kreisen zu cursiren, bevor sie, als Neuigkeit, in's Publikum dringen.

Page*) bemerkte im Jahre 1850, daß man die Bewegung des Trevelyan-Instrumentes, ohne Anwendung äußerer Wärme, durch den galvanischen Strom hervorbringen könne. Die Unterlage könne dann aus demselben Metall wie der Wieger bestehen, am Besten aus zwei parallel gelegten Schienen, deren eine mit dem einen, die andere mit dem andern Pol einer Batterie in Verbindung gesetzt wird. Der elektrische Strom bewirkt hierbei eine Wärmeentwicklung, welche an den Berührungspunkten die Bewegung ähnlich unterhält, wie bei der gewöhnlichen Art, das Instrument zum Tönen zu bringen.

Die Arbeiten von Wertheim und de la Rive haben aber noch früher, schon im Jahre 1848 bewiesen, daß der elektrische Strom in den Körpern selbst, ohne Mithülfe der Wärmeentwicklung, Töne erzeugen könne.

Diese Töne sind jedoch nicht zu verwechseln mit

*) Archives des sciences physiques et naturelles, XIII. 313.

denen, welche man an elektrischen Telegraphen bemerkt, und fälschlich dem elektrischen Strome zuschreibt. Nicht nur der Volksglaube sagt, „der elektrische Telegraph sei in voller Arbeit“ wenn er zu tönen beginnt, sondern auch in gebildeten Kreisen ist dieser sonderbare Irrthum verbreitet. Ein bekanntes musikalisches Blatt*) brachte noch kürzlich die Nachricht, daß man das Singen der Telegraphendrähte, dem Brummen einer Orgelpfeife vergleichbar, zu allen Tages- und Nachtzeiten, vorzüglich deutlich in der Nähe der Telegraphenstangen wahrnehmen könne, und bezeichnete komischer Weise diese Musik „als eine Folge magnetischer Stürme,“ (sollte wohl „magnetischer Ströme“ heißen).

Die wahre Erklärung liegt hier viel näher. Die ausgespannten Telegraphendrähte würden auch dann tönen, wenn sie nie zum Telegraphiren benutzt würden, denn sie stellen Nichts anderes dar, als ein- oder mehrseitige Aeolsharfen oder richtiger, Wetterharfen im größten Maßstabe. Durch Luftstöße werden die Eisendrähte in partielle Schwingungen versetzt, wie die Saiten einer Riesenharpa, und geben dieser ganz verwandte Töne. Schon im vorigen Jahrhundert war bekannt**), daß ein langer ausgespannter Eisendraht bei Wetterveränderungen einen eigenthümlich summenden Ton hervorbringe. Man hielt die Wirkung für eine Folge der Temperaturänderung und nannte den Apparat Wetterharpe. Die Schwingungsart ist aber jedenfalls dieselbe, wie bei der Aeolsharpa. In neuester Zeit hat Gattoni***) wiederholt beobachtet, daß die Telegraphendrähte nur dann tönen, wenn ein Witterungswechsel eintritt,

*) Signale für die musikalische Welt, 1852. No. 47.

**) Eichtenberg's Magazin, II. 4. 213. Göttinger Taschenkalender für 1789. S. 129.

***) Bellani im Archives des sciences physiques, IV. 180.

außerdem aber weder bei heiterem oder regnetem noch bei sehr windigem Wetter.

Die, wirklich durch den elektrischen Strom erregten Töne waren bis jetzt noch zu schwach, um sie auf größere Entfernungen hörbar zu machen. Es ist zwar möglich, daß Petrina Mittel gefunden hat, sie zu verstärken, doch ist dabei immer noch nicht abzusehen, wie dadurch ein leicht zu handhabendes musikalisches Instrument entstehen soll. Ist der Ton wirklich dem der Pophysharmonika ähnlich, so ist auch kein Grund vorhanden, für die gleiche Klangwirkung ein neues Instrument zu construiren. Daß ein solches Instrument den Vortheil bietet, durch beliebig verlängerte Drahtleitungen an dem einen Ort gespielt und an einem ganz anderen Ort gehört zu werden, oder beliebig viele und weit entfernte Instrumente zu gleicher Zeit tönen zu machen ist nicht merkwürdiger als die gleiche Eigenschaft der elektrischen Telegraphen. Wenn man derartige Instrumente als neue, musikalische Telegraphen in Vorschlag bringen oder zu Ueberraschungen und Effecten im Sinne der natürlichen Magie, des „unsichtbaren Mädchens“ zc. benutzen will, wozu sie allerdings vorzüglich geeignet sind — so ist damit wohl ihr ganzer praktischer Nutzen erschöpft, worauf sie das Schicksal vieler anderen Apparate theilen und in die Glaschränke der physikalischen Cabinette wandern werden, wohin sie auch in der That gehören.

Physikalisch interessant wird es immer bleiben, daß der elektrische Strom nicht nur Wärme, Licht und chemische Erscheinungen, sondern auch Töne erzeugen kann. Es liegt darin ein neuer Beweis für die Molekulartheorie und für das Vorhandensein und den Zusammenhang der Thätigkeiten des Aethers.

Nach de la Rive *) entsteht in einem metalli-

*) Archive des sciences physiques, IX. 265, Annales de chimie et physique XXVI. 158.

sehen Leiter (Eisenstab) jedesmal ein Ton, wenn durch denselben ein discontinuirlicher elektrischer Strom geht, während sich in der Nähe ein Elektromagnet oder ein umgebender Schraubendraht befindet, durch welchen ein continuirlicher Strom in gleicher Richtung mit dem tonerzeugenden geht. Hat man der umgebenden Leiter selbst spiralförmig gewunden, so giebt der discontinuirliche Strom ohne Weiteres einen Ton, der aber durch einen umgebenden stetigen Strom verstärkt wird. Sobald man neben dem discontinuirlichen noch einen stetigen Strom durch denselben Leiter gehen läßt, hört der Ton auf.

Auf Grund vieler, dahin einschlagender Versuche stellte de la Rive den allgemeinen, wichtigen Satz auf: Wenn durch irgend einen festen, flüssigen oder gasförmigen Leiter der elektrische Strom geht, so bewirken ein Magnet oder benachbarte elektrische Ströme eine Umlagerung der Moleküle in dem Körper. Ist der erstere Strom ein discontinuirlicher, so oscilliren die Moleküle zwischen der natürlichen und der durch den Magnetismus gegebenen Gleichgewichtslage hin und her. Diese Oscillationen der Moleküle sind die Ursache eines Tones. Mit dieser Ansicht stimmt die Beobachtung von Foule überein, daß Eisenstäbe sich bei der Magnetisirung verlängern, während sie sich bei einem durchgehenden elektrischen Strome verkürzen. Diese Erscheinungen erklären sich, wenn man annimmt, daß durch einen durchgehenden elektrischen Strom die Moleküle eine, gegen die Hauptrichtung transversale Anordnung erhalten, während sie durch die Magnetisirung longitudinal gerichtet werden. Durch Electricität und Magnetismus würden sonach in Eisenstäben ähnliche Longitudinal- und Transversalschwingungen im kleinsten Maafstabe hervorgerufen, wie wir sie (im 4ten Briefe) an den Körpern überhaupt äußerlich beobachten.

Daß die Elasticität auch hier im Spiele sei hat Wertheim*) durch seine interessanten Arbeiten schon früher bewiesen. Er zeigte, daß sowohl der elektrische Strom, als auch die Magnetisirung des Eisens eine vorübergehende Verminderung des Elasticitätscoëfficienten der Leiter bewirke. Er ermittelte die Gesetze, welchen die, durch die longitudinalen und transversalen Erschütterungen hervorgerufenen Töne folgen, und fand als Hauptresultat, daß der durchgehende elektrische Strom einen plötzlichen Stoß auf den eisernen Leiter ausübe, zwischen dessen Wirkung und der eines gewöhnlichen Stoßes kein Unterschied stattfindet. Alle deutlichen Töne, welche durch den, äußeren oder inneren Strom hervorgebracht werden finden darnach ihre Erklärung in einer äußeren Stoßwirkung des elektrischen Stromes, was dadurch bewiesen scheint, daß die, durch die longitudinalen Stromthätigkeiten erzeugten Töne die nämlichen sind, wie die durch einen Schlag auf das Ende des Stabes in Richtung seiner Axe hervorgebrachten Longitudinaltöne.

Durch die elektrischen Töne ist der Cyclus der außergewöhnlichen Tonerregungen geschlossen und bei einem Rückblick überschauen wir eine große Reihe von Tönen der seltsamsten Art, die selten schön, aber immerhin typisch, selbst klangvoll, individuell genannt werden müssen. Wir sehen, welche entscheidende Rolle hierbei dem Stoß und der Elasticität der Körper, selbst in dem nicht fühlbaren, aber doch hörbaren Gebiete der feinsten Molekularthätigkeiten zugetheilt ist.

In diesem merkwürdigen Toncyclus fehlt keine der kosmischen Thätigkeiten als erregendes Mittel, außer dem Licht, das, weil es selbst nur ein feineres Tönen im höheren Sinne ist, zur Tonerregung selbst nicht tauglich sein kann.

*) Annales de chimie et physique XII, 610, XXIII. 302.

Auffallend muß es hier wohl erscheinen, daß, obgleich die im Weltall verbreiteten kosmischen Kräfte auch hier thätig sind, dennoch von einem kosmischen Ton nicht gesprochen werden kann. Der Ton ist an die Erde gebannt und kann nicht über ihren Luftkreis hinaus, so wenig als von anderen Weltkörpern jemals ein Ton zu uns dringen wird. Daß das Licht allen Weltkörpern gemein sei, sagt uns die Erfahrung; daß Wärme, Elektrizität und Magnetismus gleichfalls im Weltall thätig seien, lehrt die Abstraktion; daß die Schwere das Universum zusammenhält zeigt die Berechnung. Ob aber außerhalb des Erdkreises auch Töne vorhanden sind, und ob, wenn sie vorhanden, diese auf anderen Weltkörpern auch vernehmbar sind, gehört nur in's Reich der Vermuthung, und dürfte eher verneint als bejaht werden. Es hat mehr Wahrscheinlichkeit für sich, daß die Töne das Monopol der Erde sind, der individuelle Ausdruck der terrestrischen Thätigkeiten, deren Empfindung dem Menschen ausschließlich vorbehalten ist.

Achter Brief.

Verbreitung des Schalles. Gesetze der Intensität. Ton:
Stärkemesser.

Aber im stillen Gemach entwirft bedeutende Zirkel
Sinnend der Weise, beschleicht forschend den schaffenden
Geist;
Prüft der Stoffe Gewalt, der Magnete Hassen und
Lieben,
Folgt durch die Lüfte dem Klang, folgt durch den Aether
dem Strahl.
Schiller.

Die Sinneindrücke haben das eigenthümlich
Gemeinschaftliche, daß sie undefinirbar sind. Wir
können dem Blinden keinen Begriff von Farbe, dem
Tauben keinen Begriff vom Schall geben. Niemand
ist überhaupt fähig eine Erklärung des Schallein-
druckes, oder des Unterschiedes der Töne und Klänge
zu geben. Die Schallercheinungen sind un-
definirbar, weil sie nicht auszudrücken sind durch
einfache Beziehungen in Zeit und Raum.

Es ist nicht genug, daß wir die Kräfte und Be-
wegungsgesetze kennen, welche bei der Schallent-
stehung thätig sind; wir müssen die Wirkung dieser
Thätigkeiten auf unsere Sinne, die Abhängigkeit
der sinnlichen Wahrnehmungen von den

Bewegungen der Körperwelt selbst erfahren, um ein bestimmtes, nicht durch Beschreibung zu übertragendes Bild davon zu gewinnen.

Die Akustik kann somit als die Lehre von der, durch unsere Sinne bedingten Abhängigkeit der Schallempfindung von den Bewegungen der Körper bezeichnet werden. Der Ton ist einerseits der Ausdruck einer ganz bestimmten allgemeinen Bewegungsercheinung, anderseits der Ausdruck eines ganz speciellen musikalischen Intervalles. Zwischen Beiden finden sich gesetzmäßige Beziehungen, und die Gesetze der Akustik verlangen, daß ein Ton wahrgenommen wird, sobald ein den Gesetzen gemäß schwingender Körper vorhanden ist.

Die Erfahrung lehrt aber, daß ein Körper ganz regelrecht schwingen kann, ohne einen Ton zu erzeugen. Der Ton ist nur vorhanden, wenn der schwingende Körper seine Bewegung einem Medium mittheilen kann, welches zwischen dem Körper und unserm Ohr befindlich, und fähig ist, die Bewegung des ersteren dem letzteren mitzutheilen.

Die akustischen Gesetze sind folglich keine Grundgesetze. Sie sind nicht ohne Weiteres einer allgemeinen Anwendung fähig, sondern bedürfen einer Brücke, um zum Ausdruck und zur Wahrnehmung zu gelangen.

Diese Brücke ist die atmosphärische Luft. Sie ist für uns ein so unentbehrliches Medium der Schallempfindung, daß man früher die Luft als einzigen zur Erzeugung und Fortpflanzung des Schalles geeigneten Körper annahm^{*)}. Spätere Untersuchungen haben zwar gelehrt, daß die Atmosphäre durchaus nicht das einzige schalleitende Mittel sei. Sie wird

^{*)} Vergleiche Karl Bonnet's Betrachtung über die Natur, mit Anmerkungen von Littius. 5. Auflage, 1803. Band I, Pag. 214.

aber immer das vorzüglichste bleiben, weil die Luft allenthalben da sein muß, wo Leben und Empfindung vorhanden, während jeder andere Schalleiter als ein mehr zufälliger betrachtet werden kann.

Da zwischen der Erde und anderen Weltkörpern keine Luft, oder ein anderer, ihr an Dichtigkeit ähnlicher Körper vorhanden, sondern die Atmosphäre in schmalem Umkreis an die einzelnen Planeten gebannt ist, so sind kosmische Schallercheinungen eben nicht denkbar, weil die Brücke dazu fehlt. Der Mond besitzt bekanntlich keine Atmosphäre, folglich kann auf ihm von Schall, in unserem Sinne, auch keine Rede sein. Wenn dagegen Mercur und Venus wahrscheinlich, Mars und Jupiter ganz sicher eine Atmosphäre haben, so ist noch immer in Frage, ob die in ihnen vorkommenden Bewegungen, welche bei uns als Schall empfunden werden müßten, dort jemals als solcher wahrgenommen werden.

Weil die akustischen Erscheinungen lediglich bedingt sind durch die, in unserem Gehörorgan begründeten Empfindungen, so ist wohl anzunehmen, daß für die Geschöpfe anderer Welten, welche von ganz verschiedener Organisation sind, auch die Empfindungsweise eine andere sein wird. Den Beweis, daß verschiedene Bewegungen desselben Mediums sich ganz verschieden auf die Sinne äußern können, liefert die Bewegung des Aethers, die sich uns bald als Wärme oder Licht, bald als Electricität und Magnetismus kund giebt.

Es ist somit wahrscheinlich, daß die Tonempfindungen lediglich Eigenthum der Erde und Monopol unseres Luftkreises sind, sowie es gewiß ist, daß die Erde sich in ewiger Stille durch den Weltenraum schwingen wird. In furchtbarer Explosion könnte die Erde bersten, ohne daß auch nur die leiseste Kunde davon durch den Schall in das Weltall hinausgetragen würde.

Dieselbe Todtenstille würde ohne die Luft auch auf der Erde herrschen. Ein einfaches und bekanntes Experiment kann uns davon überzeugen. Eine Glocke schwingt stärker im luftleeren Raum, als im luftgefüllten, weil ihrer Bewegung kein Hinderniß entgegen tritt, aber sie klingt nicht. Man setze die Glocke, auf welche ein Hammer mittelst eines Uhrwerkes fortwährend ausschlägt, unter den Recipienten einer Luftpumpe, und pumpe die Luft aus. Je luftleerer der Raum wird, desto schwächer tönt die Glocke. Ist der Raum endlich ausgeleert, so sieht man wohl noch den Hammer auf die Glocke ausschlagen, man hört aber Nichts mehr. Läßt man die Luft allmählig wieder eintreten, so unterscheidet man bald einen schwachen Ton, der wie aus großer Ferne kommt, und stärker wird, je mehr sich der Recipient wieder mit Luft anfüllt.

Läßt man in den luftleeren Raum des Recipienten Wasserdampf, Aetherdampf oder beliebige Gasarten und Dämpfe einströmen, so wird der Ton der angeschlagenen Glocke augenblicklich, wenn auch verschieden stark hörbar werden. Daß der Schall ebenso durch Wasser, sowie durch jede Flüssigkeit und nicht minder durch feste Körper fortgepflanzt wird, kann man gleichfalls durch Experimente nachweisen.

Es ist mithin nur ein Sprachgebrauch wenn wir sagen, daß die Glocke, oder überhaupt ein Körper töne. Nicht dieser, sondern die Luft tönt, in welcher durch die Vibrationen des Körpers eine Wellenbewegung hervorgerufen wird. Dadurch ist erklärlich, daß ein Ton entstehen kann, wenn wir ohne schwingenden Körper durch andere Hilfsmittel, Wellenbewegungen in der Luft erzeugen, weil die schwingenden Körper lediglich nur Mittel sind, um die Wellenzüge des Schalleiters hervorzurufen.

Um zu übersehen, wie die Vibrationen des tönen-

den Körpers diese Wellenzüge erzeugen, erinnern wir uns noch einmal an das im 4ten Briefe angeführte Kornfeld*). Wir sagten dort, wenn wir uns statt der Kornähren Lufttheilchen dächten, erhielten wir eine deutliche Vorstellung des Zustandes der Luft, wenn sich der Schall durch dieselbe fortpflanzt.

Der Unterschied zwischen den Wellen eines Kornfeldes und denen der Luft, welche den Ton hervorbringen, ist nur, daß jede Kornähre durch eine äußere Ursache in Bewegung gesetzt werden muß und von der Bewegung der übrigen ganz unabhängig bleibt; während in der Luft, die eine zusammendrückbare, elastische Flüssigkeit ist, ein Theilchen, wenn es zu schwingen beginnt, seine Vibrationen den umliegenden Theilchen sogleich mittheilt, welche sie wieder auf ihre Nachbarn übertragen, und so die Wirkung selbstthätig fortpflanzen.

Diese Wirkung geht von dem tönenden Körper aus, der nicht, wie der Wind, fortzuschreiten braucht, sondern, an derselben Stelle verharrend, durch Stoß die fortschreitenden Wellenzüge erzeugt, ebenso, wie an einem gespannten Seil der Stoß als Welle sich fortpflanzt, nur daß bei der Luft nicht Spannung, sondern die natürliche Elasticität wirksam ist. Da jedes Lufttheilchen aber rings von gleichen Lufttheilchen umgeben ist, so pflanzt sich der Wellenzug nach allen Seiten hin mit gleichförmiger Geschwindigkeit fort, sodas die Gestalt der Tonwellen eine kugelförmige ist.

Ähnliches beobachten wir beim Hineinwerfen eines Steines in eine ruhige Wasserfläche. Der, durch den Stein hervorgerufene Stoß auf die Wassertheilchen, wird der Impuls und Mittelpunkt eines

*) Vergleiche Dove über Wirkungen aus der Ferne. Pag. 9. — Maria Somerville, Ueberblick der physikalischen Wissenschaften, Pag. 139, ff.

ganzen Systems kreisförmiger Wellen, die sich ringförmig vom Störungsmittelpunkt aus verbreiten.

Eine schwingende Saite comprimirt die Luft in der Richtung, nach welcher sie sich ausbiegt, während auf der eingebogenen Seite die Luft verdünnt wird. Bei den Hin- und Herschwingungen werden also Verdichtungen und Verdünnungen, oder, wie man sie auch bezeichnet, Plus = (+) und Minus = (-) Wellen von der vibrirenden Saite ausgehen, welche, indem sie auf die nebenliegenden Theilchen wirken, fortschreitende Wellen hervorrufen, die sich gleichmäßig in Gestalt von Kugelschalen ausbreiten. Die Verdichtungen der fortschreitenden Tonwellen entsprechen den Wellenbergen, die Verdünnungen den Wellenthälern der Wasserwellen, nur, daß die Luftwellen durch longitudinale, die Wasserwellen durch transversale Schwingungen entstehen.

Da die Elasticität der Luft allenthalben gleich ist, so wirkt jedes Lufttheilchen in unverändert gleicher Weise auf sein benachbartes. Die Geschwindigkeit der Fortpflanzung des Stoßes bleibt sich also in demselben Medium unter allen Umständen immer gleich. Gehen zwei Wellenzüge gleichzeitig von einem Instrumente aus, so kommen sie auch gleichzeitig zu unserem Ohr. Geht ein Wellenzug eher ab, so kommt er auch eher an, denn die Aufeinanderfolge der Wellen kann durch ihre Fortpflanzung nicht geändert werden. Dies gilt auch von den Wellen eines und desselben Wellenzuges. Je später eine Welle ausging, desto später kommt sie am Ohr an, die eine holt die andere nie ein, die Bewegungen folgen immer in demselben Rhythmus.

Die Geschwindigkeit der Fortpflanzung ist folglich unabhängig von der größern oder geringern Anzahl der Wiederholungen des Stoßes, aber die Anzahl der Wellen wird durch die Anzahl der Stöße bedingt. Bei einer schnell hin- und herschwingenden Saite müssen die erzeugten Wel-

len näher an einander liegen, oder kleiner sein, als bei einer langsam schwingenden Saite. Die Wellenlänge bestimmt mithin die Höhe des Tones.

Höhere Töne haben kürzere Wellenlängen, als tiefere, weil die Schwingungszahl der höheren Töne eine größere ist. Bei dem tiefsten C unserer Orgeln ist die Wellenlänge 64 Fuß, d. h. die aufeinanderfolgenden Stellen größter Dichtigkeit liegen 64 Fuß auseinander, denn dieser Ton macht nur 16 Schwingungen in der Sekunde; während bei dem siebengestrichenen c die Wellenlänge nur $\frac{2}{3}$ Zoll ist, weil die Anzahl der Schwingungen 16900 in der Sekunde beträgt.

Die Höhe der Töne kann also durch die Fortpflanzung nicht geändert werden, weil der Zusammenhang zwischen dem schwingenden Körper und der Luft durch die Entfernung keine Störung erleiden kann. Hohe und tiefe Töne pflanzen sich in der Luft, sowie überhaupt in jedem schallleitenden Mittel, gleich schnell fort. Wäre das nicht der Fall, so müßte bei jedem Musikstück angegeben werden, aus welcher Entfernung man es hören müsse!

Die Stärke des Stoßes hat gleichfalls keinen Einfluß auf die Geschwindigkeit der Fortpflanzung. Ein starker Stoß kann wohl weiter fortgepflanzt werden, als ein schwacher, aber nicht schneller. Die Intensität des Stoßes bestimmt nur, wievielmals dichter die Luft in den Verdichtungsstellen ist, als in den Verdünnungsstellen. Die Intensität des fortgepflanzten Schalles steht also mit der Intensität des erregten Stoßes durch den Dichtigkeitsunterschied der Wellen in demselben nothwendigen Zusammenhange, wie die Höhe der Töne mit der Schwingungszahl und Wellenlänge. Wenn wir statt „Schwingungen“ — „Wellenzüge“, statt „Schwingungszahl“ — „Wellenlänge“ setzen, so können wir alle, auf den tonerzeugenden Körper bezüglichen Sätze auch sogleich auf das tonfortleitende Medium anwenden.

Beobachten wir die kreisförmigen Wellen, welche in einem ruhigen Teich durch Hineinwerfen eines Steines entstehen, so sehen wir, daß dieselbe Welle zwar mit gleichmäßiger Geschwindigkeit fortschreitet, und an Umfang zunimmt, daß aber die Welle, je weiter sie sich vom Erregungspunkte entfernt, immer flacher wird, bis sie endlich ganz verschwindet. Die Welle verliert also an Intensität soviel, als sie an Ausbreitung gewinnt, weil die Zahl der Theilchen wächst, welche der ursprüngliche Stoß zu bewegen hat. Mit derselben Kraft, mit welcher eine gewisse Wassermenge zu einer bestimmten Höhe gehoben wird, kann eine größere Wassermenge, nur weniger hoch gehoben werden, weil die Wirkungsgröße immer dieselbe bleiben muß. Da das, was bei der Wasserwelle die Höhe, bei der Schallwelle die Dichtigkeit ist, und von dieser die Stärke des Schalles abhängt, so sieht man ein, daß bei der Verbreitung des Schalles im freien Luftraum die Intensität sehr schnell abnehmen muß, wenn man nicht besondere Maßregeln ergreift, um die Schallwellen zusammen zu halten, indem man ihre Ausbreitung nach allen Seiten hindert, und sie nur nach einer Richtung hin concentrirt.

Für einen, durch die nämliche Ursache erzeugten Schall verhält sich die Intensität wie die Dichte des umgebenden Mittels, und nimmt im umgekehrten Verhältniß des Quadrates der Entfernung ab; sodas also in einer doppelt so großen Entfernung derselbe Schall in freier Luft viermal, in einer dreimal so großen Entfernung neunmal schwächer erscheint, als in einer gewissen Entfernung, die man als Einheit annimmt.

Derselben Bedingung der Gleichartigkeit der Schwingungen, welche in Beziehung auf den tönenden Körper erfüllt werden muß, damit er rein klinge, muß auch der, den Schall fortplanzende Kör-

per genügen, wenn der erregte Ton deutlich vernommen werden soll.

Die Stärke des fortgepflanzten Schalles hängt also theils von der Stärke der ursprünglichen Erregung ab, theils von der Art dieser Erregung und endlich von der Beschaffenheit des schallleitenden Mittels. Es ist mithin eine ebenso unbestimmte als schwer zu erledigende Frage: wieweit ein Schall überhaupt hörbar sei. Man kann das nur für jeden einzelnen Schall von ganz bestimmter Intensität, unter Hinzuziehung sehr vieler einzelner Umstände, beantworten, als da sind: die Temperatur und Dichtigkeit der Luft, der Barometerstand, die Höhe des Ortes, die Windrichtung, die Tageszeit, u. s. f.

Hier tritt der fühlbare Mangel ein, daß man zur Messung der Intensität des Schalles kein anderes zuverlässiges Instrument besitzt, als unser Ohr, welches leider unzuverlässig genug ist. Wir besitzen zwar Meßinstrumente für die Güte des Gehörs, unter dem Namen Akrometer, aber kein objectives Instrument zur Messung der absoluten Tonstärke.

Die Anzahl der Intensitäts- oder Kraftmesser (Dynamometer), welche mit Sicherheit und auf einfache Weise den absoluten Werth der Thätigkeiten in der elementaren Natur angeben, ist überhaupt nicht groß. Die Mechanik besitzt allerdings in einer Reihe von Dynamometern, die aber ziemlich complicirt sind, Mittel zur Bestimmung der Wirkungsgrößen; zur Messung der Intensität des Magnetismus und der Electricität sind nur indirecte Mittel vorhanden; die Lichtstärkemesser oder Photometer haben noch keineswegs den objectiven Werth, der eine absolute Messung als unzweifelhaft erscheinen ließe. Nur in der Wärmelehre besitzen wir ein Instrument von beidenswerther Einfachheit und Sicherheit, das in seiner Art unerreichtbar dasteht, den allbekannten Thermometer, der die absolute Wärmethätigkeit nach Graden durch die Ausdehnung bestimmt, welche ein

feſter oder flüſſiger Körper durch die Wärme erleidet.

Die Wichtigkeit und den Nutzen eines ähnlichen Inſtrumentes für die Muſik hat man längſt erkannt. Die Möglichkeit der Conſtruction deſſelben hat namentlich Fürgenſen *) in Schleſwig zu zeigen ſich bemüht. Auch W. Weber ſchlug zwei Mittel zur Beſtimmung der Tonſtärke vor, die allerdings nur unter ganz beſtimmten Vorausſetzungen und für ſpecielle Zwecke anwendbar ſind und bis jetzt keine weitere Ausführung erfahren haben.

Daß eine vorgeschlagene Mittel beſteht in der Anwendung von Zungenpfeifen mit durchſchlagenden Zungen **). Da nämlich die Stärke deſ, darin erzeugten Tones von dem Dichtigkeitsunterschiede der äußern und inneren Luſtſchicht abhängt, eine Größe, welche leicht zu ermitteln iſt, ſo könnte man auf dieſe Art die Intenſität der darin erzeugten Töne allerdings direct meſſen. Eine Vergleichung dieſer Tonſtärke mit anderen, unbekanntem, wäre aber wieder dem Ohre überlaſſen, ſodaß dieſe Meſſungsart in letzter Inſtanz immer eine ſubjective bliebe.

Weit umfaſſender und objectiver iſt das zweite vorgeschlagene Mittel ***), ein Goldſchlägerhäutchen über die Oeffnung eines Gefäßeſ zu ſpannen und feinen Sand aufzuſtreuen. Nähert man dieſe Membran einem tönenden Inſtrumente, ſo vibriert die Membran, und der Sand bewegt ſich. Es giebt nun für jeden Ton und für jede Stärke eine Entfernung, wo der Sand ſich zu bewegen aufhört. Hat man dieſe Grenze aufgeſunden, und verſtärkt darauf den Ton ſo wenig, daß das Ohr die Verſtärkung nicht zu unterſcheiden vermag, ſo gerathen die Sandkörner dennoch wieder in Bewegung. Die Membran iſt mithin ein verbeſſertes Trommelfell deſ Ohreſ, mit ſichtbaren Bewegungen. Um dieſe, durchaus objective Tonſtärkemeſ-

*) In der Leipziger Allgem. muſikal. Zeitung. Jahrgang 1803, S. 701.

***) Poggendorf's Annalen, XVI, 198.

***) Schweigger's Seibels Jahrbücher. XXII 312.

sung vorzunehmen, bedarf man aber eines ganz stillen Ortes und eines Grades von Genauigkeit der Beobachtung und Vergleichung, welcher dieses geniale Mittel, so wie es ist, einer allgemeinen Benützung noch unzugänglich macht.

Von welchem Werth es aber sein müßte, einen Tonstärkemesser von ähnlicher Einfachheit und Sicherheit, wie sie der Thermometer zeigt, zu besitzen, braucht nur angedeutet zu werden, um damit dem Musiker, wie dem Physiker ein Reich schöner Träume von absoluten Werthbestimmungen zu eröffnen, die wohl niemals vollkommen realisirt werden können. Man würde mit einem solchen Meßapparat die Stärke einzelner Instrumente, wie ganzer Orchester; die Stärke der Stimmen einzelner Sänger, wie ganzer Chöre, mit Zuverlässigkeit nach Graden bestimmen, und so mit einander vergleichen können. Man könnte auf diese Art entscheiden, ob für einen Concertsaal oder ein Opernhaus von bestimmter Größe die gegebenen Tonmittel ausreichend seien oder nicht. Ein Musikdirector, im Besiz eines solchen beneidenswerthen Instrumentes, würde die ersten Sängerinnen und Tenore nach den Angaben seines Tonstärkemessers für die Oper engagiren, und mit Sicherheit bestimmen können, ob die Stimme für den vorhandenen Raum und für bestimmte Partien, bei der bekannten Orchester- und Chorstärke, ausreichend sei, oder nicht.

Selbst wenn diese idealen Grenzen nie erreicht werden, wäre es doch höchst vortheilhaft, wenn Musiker und Physiker diesem Problem auf's Neue ihre Aufmerksamkeit widmeten, weil sehr wahrscheinlich auf den, von Weber vorgeschlagenen Wegen, durch Verbindung beider angegebener Mittel, eine praktische Anwendbarkeit zu erzielen ist. Wenn das Wünschenswerthe auch nicht erreicht werden kann, so erstrebe man doch immerhin das Mögliche! — —

Mus 99.705

Akustische Briefe für Musiker und M

Loeb Music Library



3 2044 041 170 5

