Wenn sich die Sauerstoffmengen $\equiv 9:5:2:12:9$ verhielten, so würde der Beudantit aus $4\ddot{\text{Fe}} + 2\dot{\text{Pb}} + 3\ddot{\text{S}} + \ddot{\text{P}} + 9\text{H}$ bestehen, und jedenfalls eine sehr eigenthümliche Doppelverbindung seyn, die man

oder

schreiben könnte.

Percy's Analyse *a* nähert sich den obigen so ziemlich, nur ist Arseniksäure überwiegend. Ich habe jedoch auch aus dieser Varietät (von Horrhausen) durch qualitative Versuche nur Phosphorsäure mit Spuren von Arseniksäure erhalten.

Wenn nun auch über die wahre Zusammensetzung des Beudantits noch Zweifel bleiben, die sich erst mit Hülfe hinreichender Mengen reinen Materials beseitigen lassen werden, so ist doch so viel gewiß, daß das Mineral eine eigenthümliche und neue Verbindung, nicht aber, wie Percy glaubt, ein Gemenge, etwa aus Bleivitriol und Würfelerz, ist.

IX. *Akustischer Wellen-Apparat;* *von O. Schulze,*

Orgelbauer zu Paulinenzell in Thüringen.

Der Apparat ist nach dem Princip der bekannten Wheatstone'schen oder Plücker-Fessel'schen Lichtwellenmaschine construiert und ist insofern eine Ergänzung derselben, als er die den Schallschwingungen eigenthümlichen Erscheinungen mit gleicher Vollständigkeit zu veranschaulichen sucht, wie jene es für die Lichtschwingungen thun. Originell ist ihm die Darstellung der longitudinalen Schwin-

gungen neben den transversalen und die Nachbildung der stehenden Wellen.

Die äußere Einrichtung des Apparates und seine Handhabung ist folgende: Aus dem die Mechanik einschließenden Kasten (*kk* Fig. 4 Taf. VII) ragen vier Reihen Stahlnadeln mit weißen, die schwingenden Elemente repräsentierenden Köpfchen heraus, zwei an der einen Längsseite und zwei über dem Deckel des Apparates. Die beiden seitlichen Reihen und die vordern über dem Deckel dienen zur Versinnlichung der transversalen Schwingungen. Zur anschaulichen Erklärung der Interferenz-Erscheinungen ist nämlich der schwingende Körper immer dreifach dargestellt, durch die beiden seitlichen Reihen in seinen imaginären, interferirenden, durch die dritte obere Reihe in seiner wirklichen Interferenz-Schwingungsbewegung. Die Köpfchen der vierten, obern, hintern Reihe ahmen die longitudinalen Schwingungen nach und bewegen sich immer entsprechend denen der dritten Reihe, so daß die analogen transversalen und longitudinalen Wellenformen immer gleichzeitig neben einander übersehen und so mit einander verglichen und durch einander erklärt werden können. Durch einen zwischen gestellten Schirm kann man übrigens das eine System gegen das andere verdecken.

Die schwingende Bewegung der eben beschriebenen Extremitäten des Apparates werden durch Verschieben wellenförmig (nach einer Sinusoide) ausgeschnittener Wellenleisten veranlaßt, nur einer oder in der Regel zweier. Diese Wellenleisten werden auf zwei anderen, parallel liegenden, in Nuthen verschiebbaren Stücken befestigt, welche auf der einen Seite durch ein mit Klemmschrauben versehenes Querstück so miteinander verbunden werden können, daß sie sich nur in gleicher Richtung verschieben lassen, oder zwischen welche auf der andern Seite ein gezahntes Rad eingesetzt wird (die Stücke sind mit Zahnstangen versehen), worauf die Stücke mit den Wellenleisten sich in entgegengesetzter Richtung verschieben — zur Darstellung der stehenden Wellen. — Dem Apparate ist eine Anzahl Wellen-

leisten, einfache und zusammengesetzte Wellen vorstellend, beigegeben.

Nach einer andern Construction des Apparates, zu welcher Hr. Prof. Lissajous in Paris bei Gelegenheit der dortigen Ausstellung 1855 (auf welcher das Erstlings-Exemplar des Apparates figurirte, auch beiläufig die silberne Medaille davon trug) die Veranlassung gab, wurden statt der zu verschiebenden Wellenleisten Wellenschrauben Fig. 5 Taf. VII angewandt, die um ihre Längsaxe (ll) gedreht werden. Die Schrauben sind aus einzelnen Scheiben zusammengesetzt, deren Querschnitt so construirt ist, daß auf die Radien des Abscissenkreises die Ordinaten der verlangten Sinusoide aufgetragen sind ($y = R + a \sin nx$). Durch drei gezahnte Räder am Kopfe des Apparates, von welchen zwei mitnehmende Stifte in die Wellenschrauben schicken, das dritte, mit einer Kurbel versehene, in die beiden ersten eingreifende, als Handhabe dient, können die Schrauben in gleicher oder — nach Umsetzung der gezahnten Räder, so daß das Kurbelrad nur das eine der erstgenannten und dieses das zweite mitnimmt — in entgegengesetzter Richtung gedreht werden. Die Construction ist viel schwieriger und kostbarer als die vorher beschriebene, hat aber den großen Vorzug, daß die bei ihr erzeugte Wellenbewegung eine continuirliche, immer in derselben Richtung sich fortsetzende ist, während bei den Wellenleisten die Richtung wechselt, sowie man sie hin- oder zurückschiebt.

Die Versuche, welche man mit dem Apparate anstellen kann, sind übrigens bei beiden Constructionen die nämlichen und zwar kann man ihn brauchen zur Demonstration:

- 1) Der Entstehung und Fortpflanzung einer einfachen Welle;
- 2) der Interferenz zweier einfacher Wellen — bei gleichen oder ungleichen Wellenlängen — ohne Gang-Unterschied oder mit beliebigem Gang-Unterschied;
- 3) der Interferenz einer zusammengesetzten Welle (aus zwei oder mehr einfachen) mit einer einfachen oder wieder einer zusammengesetzten Welle;

- 4) der Interferenz einer einfachen Welle mit ihrer Reflexwelle; Bildung der stehenden einfachen Wellen, der Schwingungsknoten, u. s. w.
- 5) der Interferenz einer zusammengesetzten Welle mit ihrer Reflexwelle; — stehende zusammengesetzte Wellen mit festen und beweglichen Schwingungsknoten zur Erklärung der Aliquot-Töne.

Die Interferenzwellen werden immer in der Fortpflanzung begriffen, dargestellt; zugleich übersieht man, wie bemerkt, die zur Interferenz kommenden primären Wellen. Sehr schön ist unter Andern der Versuch der Interferenz zweier einfachen Wellen von gleicher Wellenlänge bei einem Gang-Unterschiede von $\frac{1}{2}$ Welle. Während man durch die beiden seitlichen Nadelreihen die zwei gleichen Wellen sich fortpflanzen sieht, aber so, daß je zwei über einander liegende Köpfchen immer nach entgegengesetzten Richtungen schwingen, bleiben die Köpfchen der beiden Nadelreihen über dem Deckel in vollständiger Ruhe. Bei einem Gang-Unterschied von $\frac{1}{4}$ Welle hat die transversale Interferenzwelle eine Höhe, welche der halben Summe der Höhen der beiden primären gleich kommt, und der Wellenberg der Interferenzwelle liegt in der Mitte zwischen den Wellenbergen der letztere. Wenn gar kein Gang-Unterschied stattfindet, so erreicht die Interferenzwelle die ganze Summe der Höhen der primären, und alle drei Wellen liegen ganz parallel über einander. Die Verdünnungen und Verdichtungen der longitudinalen Wellen sind im letzteren Falle noch einmal so auffallend als im vorhergehenden. Es sey hier übrigens bemerkt, daß die Verdünnungen und Verdichtungen der longitudinalen Wellen nicht, wie man gewöhnlich sagt, den Wellenbergen und Wellenthälern entsprechen, sondern daß sie vielmehr immer den Nullpunkten dieser gegenüberliegen, so daß man also besser sagt: die Verdünnungen und Verdichtungen entsprechen der aufsteigenden und absteigenden Welle, von deren Steilheit ihre Intensität abhängt.

Bei der Interferenz zweier Wellen von ungleicher Wel-

lenlänge ist in der Construction der Wellenleisten resp. Wellenschrauben darauf Bedacht genommen, daß sie Tönen von gleicher Intensität entsprechen, d. h. daß die Höhen der transversalen Wellen sich zu einander verhalten wie ihre Längen. Das letzte folgt aus einer einfachen Betrachtung, wenn man annimmt, daß die Intensität zweier Töne gleich ist, wenn die schwingenden Theilchen gleiche Endgeschwindigkeiten erreichen. Der Apparat macht auf dieses Gesetz auch durch die longitudinalen Wellen aufmerksam, indem sich zeigt, daß die Verdünnungen und Verdichtungen zweier Wellen von ungleichen Wellenlängen nur gleich ausfallen, wenn die Höhen der transversalen sich, wie angeführt, verhalten. Durch diese Interferenz-Versuche sollen eigentlich die Combinationstöne erklärt werden; man ist aber nicht im Stande, aus den Darstellungen des Apparates die wirklich beobachteten Erscheinungen herauszulesen. Man bekommt eine periodische Folge steilerer und flächerer transversaler Wellen, stärkerer und schwächerer Verdünnungen und Verdichtungen, aber in solchen Intervallen, daß sie weder den primären Tönen, noch den in der Natur beobachteten Combinationstönen entsprechen. Insofern sind die Darstellungen des Apparates indess gerade in Uebereinstimmung mit der von Hr. Helmholtz neulich aufgestellten Theorie der Combinationstöne, indem sie zeigen, daß aus den unmittelbaren Eindrücken der zusammengesetzten Wellen auf das Ohr die Combinationstöne nicht abgeleitet werden können, daß vielmehr eine Zerlegung derselben in eine Reihe einfacherer Impulse angenommen werden muß; die positiven Ergebnisse der Untersuchungen des Hrn. Helmholtz sind freilich zu complicirt, als daß sie auf mechanischem Wege versinnlicht werden könnten. Der Apparat zeigt dagegen — was auch von Hrn. Helmholtz angedeutet wurde — daß unendlich viele Fälle der Interferenz zweier Wellen von ungleicher Wellenlänge möglich sind, von welchen jeder eine andere Interferenzwelle liefert, gewissermaßen entsprechend den verschiedenen Interferenzwellen aus zwei gleichen Wel-

len bei Position eines verschiedenen Gang-Unterschiedes. Haben wir nämlich beispielsweise zwei Wellen, deren Längen sich verhalten wie 3:2, so treffen alle zwei Wellenlängen der einen und alle drei Wellenlängen der andern nur einmal in gleichen Schwingungsphasen zusammen. Diese übereinstimmende Phase kann aber eine ganz beliebige seyn zwischen dem Hin- und Hergange einer Schwingung, und mit jeder Aenderung entsteht eine andere Interferenzwelle. Aendert sich die übereinstimmende Phase gerade um $\frac{1}{2}$ Welle, treffen z. B. in den beiden primären Wellen einmal die Nullpunkte der je zweiten und dritten aufsteigenden, ein anderes Mal dagegen die Nullpunkte der je zweiten und dritten absteigenden Welle zusammen, so ist in den hierausfolgenden Interferenzwellen Alles umgekehrt oder wie $+$ und $-$ zu einander; wo in der einen eine aufsteigende Welle war, ist in der andern eine absteigende, wo eine Verdünnung war, ist eine Verdichtung. Zu jeder aus zwei einfachen Wellen ungleicher Wellenlänge möglichen Interferenzwelle giebt es eine Gegen-Interferenzwelle, die die Umkehr jener ist.

Wenn man zwei Interferenzwellen, die Gegenwellen zu einander sind, im Apparate wieder combinirt und zur Interferenz bringt, so heben sie sich in einem bestimmten Falle auf, wie zwei gleiche einfache Wellen bei einem Gang-Unterschiede von $\frac{1}{2}$ Welle: in der That ist es auch derselbe Vorgang, nur für zwei Mal zwei gleiche einfache Wellen zugleich erfolgend. Zwei Gegen-Interferenzwellen oder auch zwei gleiche Interferenzwellen können aber auch so combinirt werden, dafs nur für eine der sie constituirenden einfachen ein Gang-Unterschied von $\frac{1}{2}$ Welle hergestellt ist: dann hebt diese sich auf und als Resultat der Interferenz bleibt die andere einfache Welle übrig. Dahingestellt, ob diesen Versuchen natürliche Vorgänge entsprechen, kann man sich derselben bedienen, um zu zeigen, dafs die angewandten Wellenleisten, resp. Wellenschrauben, die man noch zu später zu erwähnenden Versuchen über die Entstehung der stehenden Wellen braucht,

wirklich aus zwei bestimmten einfachen Wellen construirt sind. Wenn man zwei, verschiedenen primären Wellen angehörende Interferenzwellen combinirt, so erhält man zusammengesetzte Wellen, die der Interferenz von drei, vier oder mehr einfachen Tönen entsprechen, z. B. denen des Dreiklanges.

Nach Einsetzung des gezahnten Rades zwischen die Zahnstangen der beiden verschiebbaren Stücke, resp. nach Umsetzung der gezahnten Räder des Schrauben-Apparates in der Eingangs erwähnten Weise, zeigen die Köpfchen der seitlichen Reihen die eine die fortschreitende, die andere die reflectirte Welle, aus deren Interferenz die stehende transversale und stehende longitudinale Welle über dem Deckel des Apparates auftreten. Bei Anwendung von zwei gleichen einfachen Wellen erhält man die stehende einfache Welle; bei Anwendung von zwei gleichen zusammengesetzten Wellen die stehende zusammengesetzte Welle. Bei der ersteren sind die Schwingungsknoten feste, bei der letztern erkennt man, wie der zwischen zwei Knoten schwingende Theil durch neue Schwingungsknoten sich weiter theilt und um die letztere noch besonders schwingt; die neuen Schwingungsknoten sind aber keine festen, sondern schwingen selbst auf der Hauptwelle mit.

Diefs sind die Versuche, welche sich mit dem Apparat anstellen lassen, und die denselben, wie ich glaube, zu einem instructiven Hülfmittel des Unterrichtes in der akustischen Wellenlehre machen. Die innere Construction ist einfach und so eingerichtet, dafs man in wenigen Minuten den ganzen Apparat auseinandernehmen und wieder zusammensetzen kann. Die Apparate werden verfertigt bei Johann Fr. Schulze & Söhne, Orgelbauer in Paulinenzelle in Thüringen. Preis 60 bis 100 Thlr., einfachere Apparate für Schulen 40 Thlr.