

### III. *Beitrag zur „Theorie der Klangfiguren von Wheatstone“;*

*von Rudolph König,*

Verfertiger akustischer Instrumente in Paris.

In einer in den *Philosophical Transactions* 1839 veröffentlichten Arbeit hat Wheatstone die Entstehung sämtlicher Klangfiguren, welche Chladni auf Quadratscheiben erhalten und in seinen »Neuen Beiträgen zur Akustik 1817« veröffentlicht hatte, aus der Coëxistenz mehrerer Töne abgeleitet, die miteinander im Gleichklang sind, aber verschiedenen Schwingungsrichtungen angehören. Wenn sich nämlich in einer Quadratscheibe eine einfache Transversalschwingung mit parallelen Knotenlinien, wie in einem Stabe entwickelte, so würde derselbe Ton, welcher dieser Einteilung der Platte zukäme, ebenfalls von der Platte erzeugt werden, wenn dieselbe in gleicher Weise von derselben Anzahl paralleler Knotenlinien getheilt würde, die zu derselben unter demselben aber entgegengesetzten Winkel geneigt wären, und da die beiden Dimensionen in der Quadratscheibe gleich lang sind, würde jede der beiden Theilungen der Platte durch die gleiche Anzahl Parallellinien, welche die zweiten Dimensionen unter demselben Winkel schnitten, wieder denselben Ton hervorrufen. Hiernach würden in der Platte immer zwei oder vier gleiche Töne stattfinden, welche verschiedenen Schwingungsrichtungen angehörten, und da man in einem Körper, in dem dieses der Fall ist, nicht einen Ton erzeugen kann, ohne daß die anderen von selbst mitentstehen, wie auch Terquem dieses besonders durch seine Experimente mit Stäben nachgewiesen hat, so lassen sich alle Figuren aus der Coëxistenz dieser einfachen, verschiedenen Schwingungsrichtungen angehörenden Töne ableiten.

Nicht zufrieden damit, die Richtigkeit dieser Theorie nur durch die Uebereinstimmung der durch theoretische Con-

struction entstandenen Figuren mit den auf experimentellem Wege erhaltenen nachzuweisen, hat nun bekanntlich Wheatstone das schöne Experiment mit den Holzplatten gemacht, bei welchen, wegen der verschiedenen Elasticität in der Richtung der beiden Axen, der Ton, welcher durch die Theilung der Platte durch zwei Parallellinien zu einer Seite erzeugt wird, nicht im Einklange mit dem ist, den die Platte hören läßt, wenn sie durch zwei Parallellinien zur andern Seite getheilt wird, und auf denen es daher auch nicht möglich ist, die durch Coëxistenz dieser beiden Schwingungsabtheilungen entstehende Figur (nämlich die zwei Diagonallinien) hervorzubringen, während man diese Figur wieder sofort erhält, wenn man die Platte durch passende Längenverhältnisse so construirt, daß dieselbe Theilung nach den beiden Axenrichtungen hin fast denselben Ton giebt. Ich bin nun weiter gegangen und habe 5 Messingplatten construirt, in denen eine Anzahl Parallellinien zu einer Seite fast im Unisone ist mit einer andern Anzahl Parallellinien parallel zur andern Seite, und habe auf denselben die durch die theoretische Construction erhaltenen Figuren sich richtig auf experimentellem Wege bilden gesehen.

Die nach einer Photographie ausgeführte Fig. 4, Taf. I zeigt in der ersten Horizontallinie die Theilung der Platten durch Parallellinien in der einen Richtung, die zweite Reihe die Theilung derselben Platten durch Parallellinien in der andern Richtung. Da man diese einfachen Theilungen der Platten nicht direct erhalten kann, so bestimmte ich die Lage der Linien dadurch, daß ich schmale Streifen von gleicher Länge in der betreffenden Weise vibriren liefs und dann die verschiedenen Entfernungen zwischen den erhaltenen Knotenlinien auf die Platten übertrug.

In der dritten Reihe habe ich das Resultat gezeichnet, welches aus der Coëxistenz beider Theilungen entstehen mußte, indem ich die Knotenlinien natürlich durch diejenigen Felder legte, in denen eine positive Bewegung der einen Schwingungsart mit einer negativen der anderen zusammenfällt und also nothwendig eine Interferenz entstehen muß.

Die vierte Reihe endlich zeigt die direct auf den Platten erhaltenen Figuren, die ich mit feuchtem Papier abgedruckt und dann für die Photographie an Ort und Stelle auf die große Karte geklebt hatte. Man sieht, daß es die Figuren der rechtwinkligen Combination zweier Schwingungsbewegungen bei dem Phasenunterschiede sind, bei welchem sich die zwei Hälften der Curve decken.

Ich muß noch bemerken, daß trotz der Größe der Platten (0<sup>m</sup>,20 Länge), bei der sich mit Leichtigkeit schon viele Figuren hervorbringen lassen, doch diejenige, für welche die Scheibe gestimmt ist, ohne Ausnahme sofort beim ersten Bogenstriche erscheint, wenn man Sorge getragen hat die Platte in einem Punkte einzukleimen, in dem sich zwei Linien der Figur schneiden müssen.

Bei der Construction dieser Platten untersuchte ich auch ob die bei Stäben beobachtete Erscheinung sich hier wieder bestätigen würde, daß nämlich keiner der beiden Töne die verschiedenen Schwingungsrichtungen angehören, gut hervorgebracht werden kann, wenn sie *ganz genau* im Einklange mit einander sind. Ich stimmte also die Platte 2:3 in der Weise um, daß ich das System von drei Linien von einem zu tiefen Tone bis zu einem zu hohen Tone übergehen ließ und fand dabei, daß die Platte den Ton am reinsten hören ließ und die Figur am genauesten zeichnete, wenn der Tonunterschied einen starken ganzen Ton betrug; dann fühlte man, daß in der Platte Nichts hervorgezwungen wurde, sondern beim leichtesten Bogenstriche war die Figur da und die Platte klang laut und lange wie eine Glocke nach.

Wheatstone sagt, wenn sich nach den äußerst genauen Versuchen von Strehlke die Knotenlinien nicht schneiden, was sie nach seiner Erklärung ihrer Entstehung eigentlich thun müßten, so käme dieses wohl nur daher, daß eine ganz vollkommene Homogenität der Platte und Regelmäßigkeit ihrer Form doch nie zu erreichen wäre; nach dem vorher beschriebenen Versuche scheint es mir aber unzweifelhaft, daß wenn man einmal für eine bestimmte

Anzahl Linien der primären Schwingung diesen idealen Einklang erreichte, gerade die betreffende Figur gar nicht entstehen würde.

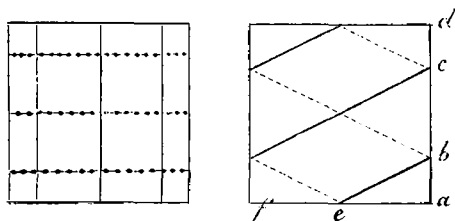
Der Umstand, daß die Töne der primären Schwingungsarten, aus deren Coëxistenz die Figuren entstehen, nicht genau im Einklange mit einander sind, erklärt nun wohl auch hinreichend, daß die Linien der Klangfiguren nicht eine ganz bestimmte Lage haben, sondern dieselbe zwischen gewissen Gränzen ändern können, ohne doch in eine andere Figur überzugehen. Die Abbildung Fig. 5 Taf. I zeigt die Umgestaltung derselben Figur auf derselben Platte je nachdem man diese an den verschiedenen Schneidungspunkten der Knotenlinie einschraubt. Die Tonhöhe ändert sich mit dieser wechselnden Lage der Linien durchaus gar nicht.

Der Ton jeder resultirenden Figur fällt zwischen die beiden Töne der primären Eintheilungen. Auf der Platte für das Verhältniß 2 : 4, welche zwei Figuren giebt, fand ich, daß der Ton der ersteren sich dem der Theilung durch vier Linien mehr näherte, während der Ton der zweiten Figur dem der Theilung durch zwei Linien näher lag.

Ich glaube, daß die im Vorstehenden beschriebenen Experimente im höchsten Grade geeignet sind die Richtigkeit der von Wheatstone aufgestellten Theorie zu bekräftigen; nur möchte ich schließlic noch eine Bemerkung machen, welche sich auf ein Detail in der Ausführung derselben bezieht. Wheatstone sagt, wenn eine bestimmte Anzahl Parallellinien einer primären Schwingung alle beliebigen Neigungen zur Axe annehmen könnten, so möchte hieraus eine unbegranzte Anzahl Figuren entstehen, welche in einander übergingen. Da die Erfahrung nun lehrt, daß dem nicht so ist »so scheint es, daß nur diejenigen Figuren möglich sind, welche aus primären Schwingungen entstehen, bei denen auf die Ecken Schwingungsmaxima fallen«. Dieses ist nicht wunderbar, da sich an den Enden eines freien Stabes auch immer Schwingungsmaxima befinden; nun meint aber Wheatstone, daß die Theile vom Ende bis

zur ersten Knotenlinie gerade halb so groß seyen, als der Abstand zweier mittleren Knotenlinien von einander, und construirt also z. B. in folgender Weise:

Drei Linien einer primären Schwingung der Platte können erstens  $180^\circ$  zur Axe geneigt seyn, zweitens können



sie mit derselben einen Winkel von  $126^\circ 52'$  machen, und dieser Winkel ist dadurch erhalten, daß  $ab = cd = \frac{cb}{2}$  und  $fe = ea$  gesetzt ist. Da nun aber die Entfernung der ersten Knoten von den Enden eines freien Stabes nicht halb so groß ist, als die Entfernung zwischen zwei mittleren Knoten von einander, so dürften wohl auch die Winkel für die Neigung der Parallellinien der primären Schwingungen und die Lage dieser Linien etwas zu ändern seyn, was aber in den resultirenden Figuren nur eine kaum merkliche Aenderung hervorrufen dürfte.

Paris, im März 1864.

#### IV. Ueber ein Mittel den wechselnden Dichtigkeitszustand der Luft in tönenden Orgelpfeifen sichtbar darzustellen; von Rudolph König.

Es ist mir gelungen, die Verdichtung und Verdünnung der Luft an den Knotenstellen in tönenden Orgelpfeifen