

VIII. *Bemerkungen über Resonanz und über
Helligkeit der Farben im Spectrum*
von *A. Seebeck*.

(Briefliche Mittheilung.)

Dresden, den 24. Juni 1844.

— Als ich mir vor einiger Zeit jene Theorie des Mitschwingens bildete, welche ich Ihnen unlängst übersandte¹⁾, war es meine Hauptabsicht von dem Wesen des Mittönens wenigstens in einem einfacheren Falle eine deutlichere Vorstellung zu gewinnen. Es lag jedoch zu nahe, die erhaltenen Resultate auch auf Lichtschwingungen zu übertragen, als dafs ich nicht hätte versuchen sollen, eine solche Anwendung von meinen Formeln zu machen. Inzwischen wurde ich, was den Gegenstand der folgenden Mittheilung betrifft, durch die Unsicherheit dieser Anwendung, und besonders durch den Mangel solcher Erfahrungsdata, welche eine Durchführung der Vergleichung zuliefen, veranlaßt die Sache wieder bei Seite zu legen. Als ich jedoch heute in No. V Ihrer Annalen d. J. die interessanten Bemerkungen fand, mit welchen Meloni auf die sogenannte Resonanz der Netzhaut zurückkommt, zog ich eine kleine, denselben Gegenstand betreffende Berechnung wieder hervor, und will versuchen Ihnen den Gang meiner Betrachtungen mit Wenigem anzugeben.

Aus jener Theorie des Mittönens hat sich ergeben, dafs eine Platte, wie ich sie dort annahm, deren eigene Schwingungsmenge n ist, getroffen von einem Wellenzuge von der Form $a \cos(mt + \theta)$ stets nach einiger Zeit in eine Bewegung übergeht, welche durch $\alpha \cos(mt + \theta)$ vorgestellt wird, wo die Schwingungsweite α um so grö-

1) Vergl. Heft VII dieses Jahrgangs.

fer im Verhältniß zu a ist, je weniger m von n verschieden ist.

Sehr leicht ergibt sich aus der gefundenen Formel für α folgender Satz: *Läßt man auf die Platte zwei gleich starke Töne wirken, so ist das Mittönen von gleicher Intensität, im Fall der höhere Ton um das gleiche Tonintervall über dem Tone der Platte liegt, wie der tiefere unter demselben*, z. B. wenn jener um eine Quarte höher, dieser um eine Quarte tiefer ist, als der eigne Ton der Platte. Zeichnet man daher eine Curve der Resonanzstärke, indem man die Wellenlängen als Abscissen und die Intensitäten des Mittönens als Ordinaten nimmt, so wird diese Curve nicht zu beiden Seiten ihres Maximums symmetrisch, sondern fällt auf der Seite der kürzeren schneller ¹⁾.

Fig. 3 Taf. III stellt eine solche Curve dar; sie erstreckt sich von dem Maximum eine halbe Octave aufwärts und abwärts, also von A bis I über den Umfang einer Octave, und zwar so, daß die Töne von A nach I zu höher werden, indem die Wellenlängen von M aus gemessen sind. Es ist dabei angenommen, daß die Intensität durch die lebendige Kraft oder durch $a^2 m^2$ gemessen werde ²⁾. Den Werth von b habe ich beispielsweise $= \frac{1}{20} n$ genommen. Die Gestalt der Curve ändert sich zwar, wenn man dafür einen andern Werth nimmt, immer jedoch so, daß das Maximum dieselbe Lage zwischen zwei Punkten gleicher Intensität, z. B. zwischen A und I , behält.

Ich werde jetzt versuchen diese Betrachtungen auf

- 1) Sie würde symmetrisch werden, wenn man statt der Wellenlängen deren Logarithmen als Abscissen nähme.
- 2) Ich nehme hierbei Veranlassung zu bemerken, daß in meiner Abhandlung, *Annalen*, Bd. LX zwei Mal (S. 452 und 461) $\frac{a}{m}$ statt am steht. Auch muß es daselbst, S. 449 Z. 5 v. u., *Ablenkung* statt *Geschwindigkeit* heißen.

die sogenannte Resonanz der Netzhaut anzuwenden, unter der allerdings nicht verbürgten Annahme, daß der vorhin ausgesprochene Lehrsatz, welcher für die longitudinalen Schwingungen der Schallwellen gefunden worden, unter gewissen Beschränkungen auf die Transversalen der Lichtwellen übertragen werden darf.

Denken wir uns, die Netzhaut bestehe aus Theilchen, welche für sich, nach bloßem Anstoßen, eigne Schwingungen machen, ganz eben so wie jene Platte. Das subjective Licht, welches wir bei der Erregung des Auges durch Stofs oder elektrische Entladung wahrnehmen, würde dann wahrscheinlich in solchen *eigenen* Schwingungen der Netzhaut bestehen. Nehmen wir an, daß der Werth von n für alle Theilchen der Netzhaut gleich sey, d. h. daß jenes subjective Licht homogen sey, oder, was auf dasselbe hinauskommt, ziehen wir nur solche Theilchen in Betracht, welche einerlei n haben, und lassen wir nun auf diese Theilchen Lichtwellen von irgend einer Länge wirken, so müssen die Schwingungen der Netzhaut nach einiger Zeit denen des erregenden Wellenzugs isochronisch werden, dabei aber um so stärker seyn, je weniger die Wellenlänge des einfallenden Lichtes von der des eignen (subjectiven) Lichts der Netzhaut verschieden ist. Lassen wir also nach einander Wellen von verschiedener Länge, aber gleicher Stärke (gleichem Werthe von am) auf die Netzhaut wirken, so muß ihre Resonanz und die dadurch bedingte Lichtempfindung von ungleicher Stärke seyn, und es würden sich die Wirkungen auf unser Organ durch eine Resonanzcurve darstellen lassen, jener ähnlich, welche ich vorhin für die Platte gezeichnet habe, wobei nur der Werth von n und b aus der Erfahrung bestimmt werden müßte.

Liefse sich diese Curve durch eine zweckmäßige Wahl von b und n identisch machen mit einer andern, welche die beobachteten Helligkeiten des Farbenspectrums darstellt, so würde man vermuthen dürfen, daß die Wel-

len in der ganzen Ausdehnung des Spectrums von gleicher Stärke (lebendiger Kraft) sind; auf eine ungleiche Vertheilung dieser Stärke aber müßte man schließen, wenn jene beiden Curven sich nicht in Uebereinstimmung bringen lassen.

Das Letztere ist nun in der That der Fall, wovon ich mich bereits vor einiger Zeit durch Vergleichung Fraunhofer'scher Messungen überzeugt habe. Ein Spectrum, bei welchem sich die Wellenlängen als Abscissen darstellen, hat man an Fraunhofer's Gitterversuchen ¹⁾, da hier der Abstand jeder Farbe von dem mittleren weißen Streifen der zugehörigen Wellenlänge proportional ist. Die Vertheilung der Helligkeiten aber, welche dieses Spectrum *für's Auge* zeigt, läßt sich ziemlich aus denen entnehmen, welche derselbe ausgezeichnete Optiker am prismatischen Farbenbilde gemessen hat ²⁾. Diese Vertheilung ist in beiden Spectris sehr ungleich, weil die minder brechbaren Strahlen, welche im prismatischen Bilde stark auseinandergezogen sind, im Gitterspectrum einen viel kleineren Raum einnehmen, und in dem Maasse, als sie hier mehr zusammengedrängt sind, intensiver erscheinen müssen. Diese ungleiche Zusammendrängung der verschiedenfarbigen Strahlen und die daraus entspringende Veränderung ihrer Helligkeit läßt sich berechnen aus den Abständen der dunkeln Linien, welche Fraunhofer in beiden Spectris sehr scharf gemessen hat.

Diese Interpolation hat mir mit einer für den vorliegenden Zweck hinreichenden Genauigkeit folgende Helligkeiten in der Gegend der dunkeln Linien *B, C... H* für das Gitterspectrum gegeben

bei	<i>B.</i>	<i>C.</i>	<i>D.</i>	<i>E.</i>	<i>F.</i>	<i>G.</i>	<i>H.</i>
	0,02	0,06	0,57	0,56	0,28	0,08	0,02

1) Denkschriften der Münchner Acad. VIII.

2) Ebend. 1814 bis 1815.

wobei die Helligkeit des Maximums zwischen D und E als Einheit genommen ist.

Fig. 4 Taf. III stellt die Curve dieser Intensitäten dar. Vergleicht man sie mit Fig. 3, in welcher ich deshalb die entsprechenden Punkte bezeichnet habe, so bemerkt man sogleich aus dem ganz ungleichen Gange beider, daß — unter den im Eingange bemerkten Voraussetzungen — die wahren Intensitäten ($a^2 m^2$) sich nicht gleichmäßig über die ganze Ausdehnung des Spectrums erstrecken können, indem das Maximum eine ganz andere Lage zwischen je zwei Stellen gleicher Helligkeit hat, als dieß bei der Resonanzcurve für gleiche Wellenstärken möglich seyn würde. Ist nun die Wellenstärke ungleich für verschiedene Theile des Spectrums, so muß die Helligkeitscurve eine Function von ihr und von der ungleichen Resonanzfähigkeit der Netzhaut werden, so daß, um über die letztere zu urtheilen, man die erstere (die Wellenstärke) kennen müßte. Das Maximum der Helligkeit muß von der Natur dieser *beiden* Veränderlichen abhängen. Nimmt z. B. die Wellenstärke vom Roth bis zum Violett fortwährend ab — wie das unter der Annahme des Identitätsprinzips auch dann der Fall zu seyn scheint, wenn man auch hier die ungleiche Ausbreitung im prismatischen Bilde in Anschlag bringt, so müßte, bei meinen Voraussetzungen, also die eigne Schwingungsmenge n der Netzhaut schon in's Blaugrün oder Blau hineinfallen ¹⁾. Dieß ist ein ganz anderes Resultat, als jenes, zu welchem Melloni, ohne Frage von ganz verschiedenen Prämissen ausgehend, gelangt ist, indem er die größte Resonanzfähigkeit dahin setzt, wo die größte Helligkeit wahrgenommen wird.

Ich habe diese Berechnung unter der einseitigen Vor-

- 1) Sollte vielleicht hierin der Grund liegen, warum die grüne Farbe unserem Auge so wohlthätig ist? Allein dann müßte wahrscheinlich das subjective Licht ebenfalls grün oder bläulich seyn, was sich, wie ich glaube, nicht bestätigt.

aussetzung ausgeführt, daß alle Theile Netzhaut einerlei n haben, weil es mir nicht ohne Nutzen zu seyn schien, die Analogie, auf welche man in diesem Gegenstande einmal gewiesen ist, an einem solchen einfachen Beispiele durchzuführen. Ich halte jedoch diese Voraussetzung selbst nicht für wahrscheinlich. Dürfen aber mehrere n *beliebig* angenommen werden, so wird es möglich seyn, jede gegebene Helligkeitsskala mit jeder gegebenen Vertheilung der Wellenstärken in Einklang zu bringen. Auf diese Weise wird es, unter der Annahme des Identitätsprincips, möglich seyn, die Vorstellung von einer Resonanz der Netzhaut, oder vielleicht von mehreren solchen Resonanzen festzuhalten, wie man auch die Vertheilung der Wärme im Spectrum oder des bis zur Netzhaut gelangenden Theiles derselben finden möge. Ob aber die Werthe der n , welche angenommen werden müssen, um die Wärmeskala mit der Helligkeitsskala in Einklang zu bringen, wirklich in der Natur des Auges begründet sind, darüber dürften die subjectiven Gesichterscheinungen einigen Aufschluß zu geben geeignet seyn.

IX. *Ueber die Entstehungsweise der Töne;*
von Hrn. Ch. Fermond.

(*Compt. rend. T: XVII p. 800.*)

Bei Anstellung einiger akustischen Versuche, welche die Aufhellung gewisser mir dunkel scheinender Fragen bezweckten, bin ich zu einigen Resultaten gelangt, die wohl Beachtung verdienen dürften.

Meine Untersuchungen bezweckten zunächst das Studium der Bewegung der Luft in offenen oder gedeckten Pfeifen. Um zu sicheren Resultaten zu gelangen, schien es mir nöthig die Versuche so einzurichten, daß sie möglichst