

Zwei akustische Demonstrationen.

Von

Prof. Dr. A. SAMOJLOFF.

Bei Gelegenheit einer Reihe von populären Vorlesungen über Gehör und Musik kam ich auf einige Demonstrationsweisen, von denen zwei vielleicht ein allgemeineres Interesse verdienen.

I. Der stroboskopische Analysator.

Vermittels einer aus schwarzen und weißen Sektoren bestehenden stroboskopischen Scheibe lassen sich sehr schwache Lichtintermittenzen nachweisen. Die Lichtintermittenzen einer von einem Wechselstrom gespeisten gewöhnlichen Glühlampe können beispielsweise mit Leichtigkeit stroboskopisch beobachtet und gezählt werden, wie ich das vor einigen Jahren beschrieben habe.¹ Diese hohe Empfindlichkeit der erwähnten Methode ermöglicht auch so schwache Lichtintermittenzen, wie diejenigen einer schwingenden KÖNIGSchen Flamme zu stroboskopieren. Darauf läßt sich eine sehr einfache Methode der Klanganalyse zu Demonstrationszwecken gründen. Der stroboskopische Klanganalysator ist demnach eine einfache kreisrunde Kartonscheibe, auf welcher man konzentrische Ringe, bestehend aus abwechselnden schwarzen und weißen Feldern, so zeichnet, daß die schwarzweißen Perioden in den einzelnen Ringen vom Zentrum zur Peripherie gerechnet sich wie 1:2:3 etc. verhalten. Eine derartige Scheibe wird in Rotation versetzt und mit dem intermittierenden Lichte einer KÖNIGSchen Flamme beleuchtet. Wenn die Schwingungszahl des Grundtones des vor der Kapsel erzeugten Klanges gleich der Anzahl der schwarzweißen Perioden

¹ A. SAMOJLOFF. Die Bestimmung der Wechselzahl eines Wechselstromes. *Annalen d. Physik* 3, 1900, 353.

des inneren Ringes multipliziert mit der Umdrehungszahl der Scheibe in 1 Sek. ist, so scheinen auf der im übrigen gleichmäßig grauen Fläche der Scheibe nicht nur der eine innere Ring mit seinen schwarzweißen Perioden, sondern auch eine Anzahl anderer äußerer Ringe entsprechend der Ordnung der Obertöne im gegebenen Klange stillzustehen. Man kann also auf der stroboskopischen Scheibe des Analysator ohne weiteres die im Klange enthaltenen Obertöne ablesen.

Was das Nähere anbetrifft, so benutzte ich als stroboskopischen Analysator eine Kartonscheibe von 40 cm Durchmesser, auf welcher 8 konzentrische Ringe gezeichnet wurden (s. Fig. 1). Der innere Ring besaß 10 schwarzweiße Perioden,

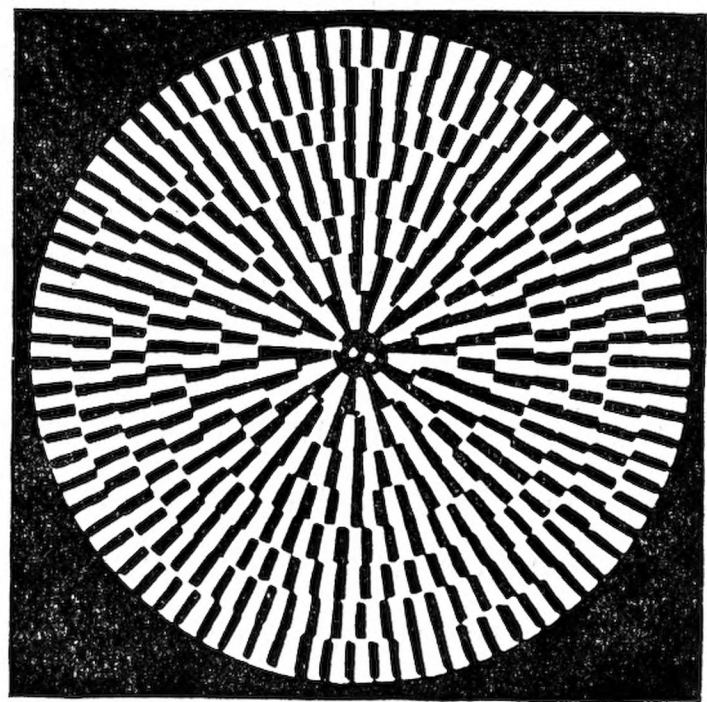


Fig. 1.

in jeder war ein rundes Loch ausgeschnitten, um die Scheibe auch als Lochsirene benutzen zu können. Die intermittierende Flamme wurde vermittlels einer gewöhnlichen KÖNIGSchen Kapsel mit Gummimembran erzeugt, nur wurde dazu nicht Leuchtgas, sondern — und darauf kommt es sehr an — Acetylgas verwendet. Die Acetylenflamme hat vor der Leuchtgasflamme den großen Vorzug, daß sie bedeutend heller ist und zweitens, daß die Lichtintermittenz, der Unterschied in der Leuchtkraft beim Steigen und Sinken der Flamme, beim Acetylen deutlicher ausgesprochen ist, als unter gleichen Umständen beim Gas, wie man sich leicht am Flammenbilde im rotierenden Spiegel überzeugen kann. Das Acetylgas habe ich gewöhnlich im KIPPschen Apparat erzeugt und in einem einige Liter fassenden Glasgasometer gesammelt. Bei Ausführung des Versuches wurde das Acetylen durch das ganze System der KÖNIGSchen Kapsel geleitet

und dann über der sehr feinen Ausströmungsöffnung eines kleinen Platinkegels angezündet; der Druck, unter welchem die Gasströmung geschieht, wird so reguliert, daß die Flammenlänge 1—2 cm nicht überschreitet. Um die Kartonscheibe möglichst hell zu beleuchten ist es empfehlenswert, vor der Acetylenflamme einen Reflektor aufzustellen; letzterer hat noch den Vorteil, daß er die Zuhörer von der die Augen blendenden Acetylenflamme schützt.

Ist die Scheibe vermittle eines Elektromotors in rasche gleichmäßige Rotation versetzt und mit der Acetylenflamme beleuchtet, so bläst man einen Luftstrom durch die Löcher der Scheibe und erzeugt dadurch einen Ton. Jetzt erzeugt man vor dem Trichter der Kapsel einen Klang von derselben Tonhöhe und beobachtet, welche Ringe dabei stehend erscheinen. Am einfachsten ist es, wenn man vor dem Trichter in der entsprechenden Tonhöhe verschiedene Vokale hineinspricht: mit der Änderung des Vokals ändert sich die Reihenfolge der stillstehenden Ringe.

Wenn der beschriebene Analysator auch einige Mängel besitzt (es können z. B. Schwebungen als Töne vorgetäuscht werden u. a. m.), so ist er als Demonstrationsmittel sehr zu empfehlen. Vor dem teureren Königschen Klanganalysator hat mein Analysator den großen Vorteil, daß er mit den einfachsten Mitteln in jedem Laboratorium mit Leichtigkeit auszuführen ist und zweitens, daß er sich ganz besonders für ein großes Auditorium eignet. Ich habe den stroboskopischen Analysator in einem Auditorium, in welchem etwa 400 Zuhörer zugegen waren, vorgeführt und die stillstehenden Ringe waren auch von der letzten Bank deutlich zu sehen.

II. Die Violine als akustisches Instrument.

In denjenigen Fällen, in welchen es sich um Wiedergabe der Schwingungen eines tönenden Körpers in anschaulicher Weise in Kurvenform handelt, ist neben der Stimmgabel die Violine wohl am geeignetsten zu nennen. In der Violine, wie überhaupt in jedem modernen Bogeninstrument ist ein vorzüglicher Mechanismus zur Übertragung der Schwingungen von den Saiten auf den Steg vorhanden. Bekanntlich befindet sich unter dem rechten Fusse des Steges (ein wenig nach der Seite verschoben,

s. Fig. 2), zwischen der Decke und dem Boden, ein Holzstäbchen, der sogenannte Stimmstock. Unterhalb des linken Fusses des Steges ist eine eigentümlich ausgeschnittene lange Holzstange, der sogenannte Balken, längs des ganzen Violinkastens an der unteren Fläche der Decke angeklebt (in der Fig. 2 im Querschnitt zu sehen). Der Stimmstock, der Steg und

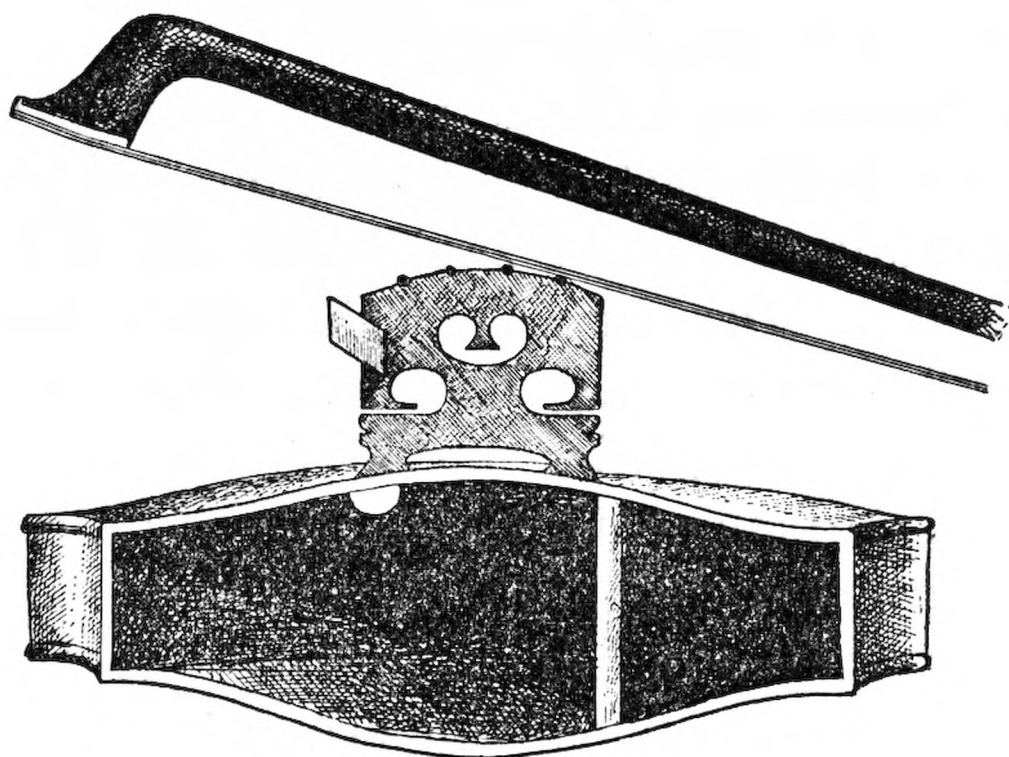


Fig. 2.

der Balken bilden zusammen einen eigenartigen Mechanismus, der es ermöglicht, die durch den Bogenstrich erzeugten, in einer mehr oder weniger der Decke parallelen Fläche sich vollziehenden, Saitenschwingungen in vertikale Schwingungen der Decke überzuführen. Die drei genannten Teile bilden zusammen einen besonderen Winkelhebel, dessen Achse sich in dem Punkte der Decke befindet, wo letztere durch den Stimmstock unterstützt ist. Es müssen deshalb sämtliche Schwingungen der Saiten durch Vermittlung des linken Fusses des Steges in vertikaler Richtung auf die Decke übertragen werden.¹ Klebt man an die linke Kante des Steges ein Spiegelchen, so lassen sich die Schwingungen der Violine in der schönsten Weise demonstrieren. Man befestigt die Violine horizontal mittels zweier Stative und sendet von einer Bogenlampe einen hellen Lichtstrahl auf das Spiegelchen; der von diesem reflektierte Strahl wird noch einmal durch die Spiegelfläche eines rotierenden KÖNIGSchen Spiegelprismas auf den Projektionsschirm reflektiert. Wird der

¹ F. ZAMMINER, Die Musik und die musikalischen Instrumente. Gießen, 1855.

rotierende Spiegel um seine vertikale Achse gedreht, so sieht man auf dem Schirm eine helle Linie; streicht man aber die Violine zu gleicher Zeit an, so erscheinen auf dem Schirm die Schwingungen der Violinendecke in Kurvenform. Es läßt sich auf diese Weise sehr hübsch die Abhängigkeit der Höhe und Stärke des Klanges von der Schwingungszahl und der Amplitude, die Schwingungen beim Zusammenklingen zweier oder dreier Saiten, Schwebungen etc. demonstrieren.

In einem bekannten Aufsätze von L. HERMANN¹, in welchem dieser Autor die Frage nach der Bedeutung der Phasen auf die Klangfarbe diskutiert, werden zwei Versuche mit dem Phonographen angeführt. Der eine Versuch besteht darin, daß man die Phonographenwalze bei der Reproduktion der hineingesungenen Vokale umgekehrt im Vergleich zu der Drehungsrichtung bei der Aufnahme rotiert, das ist der Abszissenumkehrversuch. Der zweite Versuch ist der Ordinatenumkehrversuch; letzterer besteht darin, daß man durch eine besondere Vorrichtung die Phonographenmembran zwingt bei der Reproduktion sämtliche Schwingungen mit geändertem Zeichen der Bewegungsrichtung zu vollziehen; dadurch wird das Bild der angenommenen Kurven zum Spiegelbild bei der Reproduktion. Da die Vokale bei dem Abzissen- resp. dem Ordinatenumkehrversuch ihren Charakter behalten, während durch die Umkehr sämtliche Phasen sich ändern, so beweisen diese zwei Versuche, daß die Phasen keinen Einfluß auf die Klangfarbe haben.

Mit der Violine läßt sich der Ordinatenumkehrversuch in der denkbar einfachsten Weise demonstrieren: man braucht nur

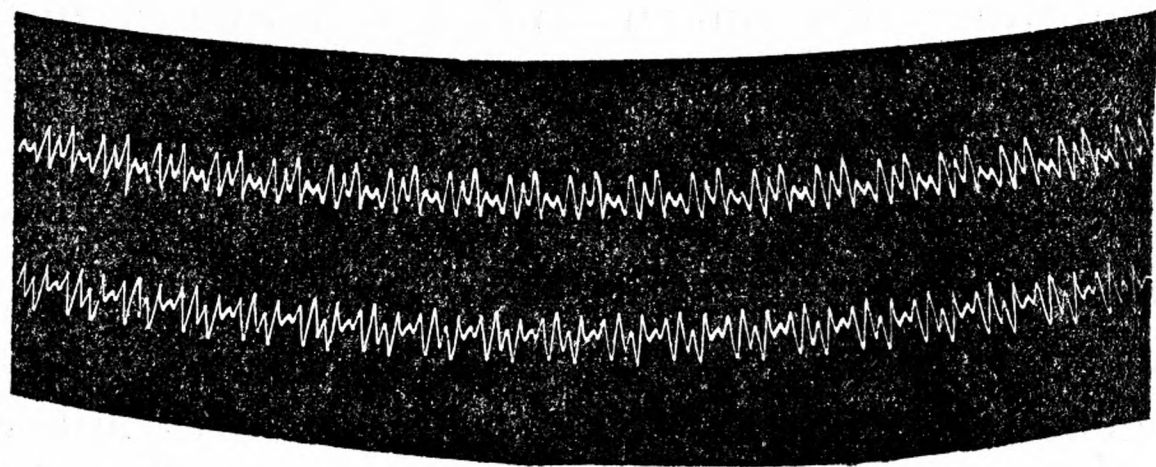


Fig. 3.

¹ L. HERMANN. *Pflügers Archiv* 56, 467.

beim Streichen der Saite den Bogen einmal von rechts nach links, das andere Mal von links nach rechts zu führen; die resultierenden Kurven verhalten sich zueinander, wie Bild und Spiegelbild. Eigentlich kann man sagen, daß jeder Violinspieler fortwährend beim Spiel den Ordinatenumkehrversuch wiederholt. Als Beispiel gebe ich die photographierten Kurven der Schwingungen des Steges bei Streichen der Saite *G* (s. Fig. 3): die vollständige Symmetrie der Kurven ist nicht zu verkennen.

(Eingegangen am 17. Juni 1904.)
