

# Ueber Klangfiguren auf gespannten Membranen;

von Dir. *Karl Antolik.*

Als bestes Material eignet sich für Membranen schwarzes Glanzpapier, welches auf Holzrahmen mittelst Leim möglichst gleichmässig aufgespannt wird. Legen wir die Membrane auf einen Tisch, stützen den Schwerpunkt irgend einer 50—120 cm. langen und fingerdicken Glasröhre, die wir in der linken Hand halten, an den Rand des Rahmens der Membrane, drücken sie fest an und reiben ihr freies Ende mit nassem Flanell, so entsteht auf der Membrane, wenn diese mit sehr feinem Sand oder Lykodium bestreut ist, sehr interessante neue Klangfiguren. Das ist das einfachste Verfahren, um Membranen in regelmässige Schwingungen zu bringen. Je reiner der Ton der Glasröhre ist, umso regelmässiger werden die Klangfiguren.

Da die Membranen für die Schwingungen der höchsten Töne sich am besten eignen, so gehört die Erzeugung von Interferenzlinien, deren Zwischenräume (halbe Wellenlängen) 3—5 mm. betragen, zu den leichtesten Versuchen. Auf kreisförmigen Membranen lassen sich die in Rede stehenden Klangfiguren von 20—50000 Schwingungen sehr leicht hervorbringen, wenn wir auf den Rahmen der Membrane 2—5 mm. hohe, 3—4 mm. breite und 10—12 mm. lange Korkstückchen mit Leim so ankleben, dass sie den Rand der Membrane berühren und wenn wir alsdann dieselben mit kurzen, aber nassen Glasröhren wie mit einem Fiedelbogen reiben.<sup>1</sup>

Werden derlei Klangfiguren auf runden Membranen hervorgebracht, so erhalten wir 25—30 concentrische, zackige Kreise, deren Aussehen einem Kreuzspinn-Gewebe ähnlich ist;

<sup>1</sup> Näheres siehe: „Zeitschrift f. d. phys. chem. Unterricht“  
Berlin, 1891. Heft V, Pag. 241—248.

jedoch sei es bemerkt, dass wir bei kreisförmigen Membranen, wenn wir mit den höchsten Tönen experimentieren, auf einige Schwierigkeiten stossen, die bei quadratischen wegfallen. (*Fig. 8 und 9*)

*Die auf diese Weise erhaltenen Klangfiguren entsprechen nicht den Transversal-, sondern den Longitudinalwellen der Membranen.* Dass wir es hier in Wirklichkeit mit Longitudinal- und nicht mit Transversalschwingungen zu thun haben, beweist schon der Umstand, dass bei diesen Klangfiguren die Spannung der Membrane *nicht in Betracht kommt.* Wir mögen die Membrane mit Gewichten (von 200—300 gr.) belasten wie wir wollen, so ändert sich weder die Wellenlänge (Entfernung der einzelnen Knotenlinien), noch aber die Klangfigur selbst. Auch können wir, um das evident zu beweisen, einen Bogen Papier — am besten schwarzes Glanzpapier — einfach auf den Tisch legen, ohne es irgendwie zu spannen, am Rande desselben ein passendes Korkstückchen mit Siegelack ankleben und mit einer nassen Glasröhre wie mit einem Fiedelbogen reiben: wir erhalten auf dem Papier, wenn auch nicht so schöne, so doch den hohen Tönen, mit welchen wir experimentieren, vollkommen entsprechende. d. h. gleiche Klangfiguren.

Wollen wir Membranen-Klangfiguren erhalten, welche den *Transversalschwingungen* entsprechen (*Fig. 1—7*), so ist es am zweckmässigsten, wenn wir an die Saite irgend eines Monochordes ein möglichst kleines Korkkegelchen mit Leim kleben und darunter eine Membrane schieben, welche mittelst zweier keilförmiger Brettchen beliebig gehoben und angepasst werden kann. Diese Versuche gelingen am besten mit kreisförmigen Membranen, namentlich aber dann, wenn die Spitze des Korkkegelchens mit Diachylumpflaster oder Leim klebrig gemacht wird, damit die Membrane durch die Saite unbedingt mitgerissen werde und nicht einzelne Schwingungen ausbleiben können. Als Angriffsstelle eignet sich hier der Mittelpunkt der Membrane am besten. Die zahllosen Klangfiguren, die auf die beschriebene Weise hervorgebracht werden können, mögen hier nur durch die Figuren 1—7 repräsentiert werden. Es sei nur noch bemerkt, dass bei diesen Versuchen die Saiten möglichst kurz sein und möglichst stark gespannt werden müssen.

Das System der Klangfiguren, welches mir auf diese Weise zu entwickeln gelang, nenne ich einfach „Das Teilungssystem“.

Die Figur 1 zeigt uns zwei concentrische Kreise **a** und **b**, deren einer unmittelbar an dem Rande, der andere aber ungefähr in der Mitte des Radius der Membrane sich zeigt. Der Knotenkreis **b** kann mit der Schwankung des Tones kleiner oder grösser werden, bei einem gewissen tieferen Ton verschwindet er gänzlich und es bleibt auf der Membrane nur der Knotenkreis **a**.

Ist der sehr feine Sand etwas staubig, oder mit Lycopodiumpulver gemengt, so werden auf den mit **l** bezeichneten Stellen entweder kleine, verwaschene Kreisflächen oder ganze Staubringe sich bilden. Das Lycopodium setzt sich, wie bekannt, immer auf diejenigen Stellen, die am heftigsten schwingen, d. h. auf die sogenannten „Schwingungsmittelpunkte“, respective „Schwingungsmittellinien“, an.

In Figur 2 sehen wir 3 Knotenhalbkreise; wir können diese Klangfigur „Zweiteilungs-Figur dritter Ordnung“ nennen und kurz so bezeichnen: (2.<sub>3</sub>.)

Es ist sehr wahrscheinlich, dass drei-, fünf- und überhaupt unpaarige Theilungsklassen nicht existiren.

Teilt sich eine Klangfigur in zwei einfache Halbkreise, so haben wir eine „Zweiteilungs-Class e erster Ordnung“. (2.<sub>1</sub>.)

Ein vollständiges Exemplar der „Achteilungs-Class e erster Ordnung“ (8.<sub>1</sub>.) sehen wir in Figur 3. Ebenso zeigt uns die Figur 4 eine „Zwölfteilungs-Class e vierter Ordnung“ (12.<sub>4</sub>.) und Figur 5 eine „Sechzehnteilungs-Class e sechster Ordnung“ (16.<sub>6</sub>.) Zu den unregelmässigen Klangfiguren gehört Figur 6 (8.<sub>2</sub>.), hier machte die Knotenlinie **nn** einen Sprung und es fehlen überall die benachbarten Interferenzlinien, welche oberhalb der 8 Schwingungs-Mittelpunkte hätten entstehen sollen.

Die Resultate können wir im Folgenden zusammenfassen:

1. Die Membranen vibriren so wie Saiten oder Fäden.
2. Jede Membrane muss so angesehen werden, als wenn sie aus unendlich vielen Saiten bestehen würde, welche in zwei aufeinander senkrecht stehenden Richtungen schwingen.
3. Die Interferenzlinien bilden sich nicht immer gleichmässig aus in den zwei soeben erwähnten Hauptrichtungen, sondern es

kommen Fälle vor, in welchen die eine Richtung mehr hervortritt, als die andere; ja es können sogar die Knotenlinien in der einen Richtung ganz ausbleiben.

4. Die unregelmässige Reflexion der Wellen bewirkt oft eine Modification der zwei senkrechten Richtungen und wir bemerken auf Membranen manchmal 2, 3, oder auch mehrere Ausgangspunkte.

5. Sowohl auf Membranen, als auch auf harten Platten entstehen gleichzeitig Transversal- und Longitudinalschwingungen.

6. Bei höheren Tönen treten die Transversalschwingungen immer mehr und mehr in den Hintergrund und die Longitudinalschwingungen gewinnen die Oberhand. Es scheint, dass bei den höchsten Tönen die Transversalschwingungen ganz verschwinden.

7. Wenn irgend eine Fläche Transversalschwingungen rollführt, so springt der Sand auf dieser vertikal auf und ab und schäumt; wogegen bei Longitudinalschwingungen der Sand in horizontaler Richtung sanft weitergleitet.

8. Bei Transversalschwingungen bilden sich immer Schwingungsmittelpunkte und Schwingungsmittellinien, welche bei reinen Longitudinalschwingungen absolut fehlen.

9. Auf runden Flächen lagern sich die Interferenzlinien theils in concentrischen Kreisen, theils in der Richtung der Radien speichenförmig, ohne aber dass sie einander schneiden würden.

10. Auf quadratischen Membranen laufen die Interferenzlinien auch in zwei aufeinander senkrecht stehenden Richtungen und meistens parallel mit den Rändern derselben. Wir finden diese Anordnung auch bei festen Platten, doch kommen hier Abweichungen häufiger vor, als bei Membranen.

11. Wenn eine runde Membrane ihrem tiefsten Eigenton entsprechend im Ganzen schwingt, so sieht man auf ihr nur transversale Bewegung; der Schwingungsmittelpunkt fällt in diesem Falle mit dem geometrischen Mittelpunkte zusammen — und es entsteht nur ein einziger Knotenkreis am Rande derselben. Aehnliches geschieht auch auf quadratischen Membranen. (Nach Chladni kann dieser Fall auf vibrirenden Platten nicht vorkommen; was auch natürlich ist.)

12. Teilt sich eine Membrane bei Transversalschwingungen in mehrere Teile, so schwingen diese in kreisförmigen Flächen um ihre Schwingungsmittelpunkte. Da aber diese Flächen auch

durch andere Componenten beeinflusst werden, so gestalten sie sich zu Ellipsen, oder auch zu anderen krummlinigen Figuren.

13. Da die senkrecht aufeinander anprallenden Wellen nicht immer von gleicher Intensität sind, so entstehen auf den in irgend einer Richtung gut ausgebildeten Interferenzlinien ebensoviel Einschnitte (Biegungen), als Interferenzlinien in der anderen senkrechten Richtung hätten entstehen sollen. Aus obiger Ursache reissen die Knotenlinien an einzelnen Stellen oft auch durch und schrumpfen die einzelnen Partien derselben zu kleinen Knotenpunkten. Letztere Erscheinung kann man am besten an den, den Longitudinalschwingungen entsprechenden Interferenzlinien beobachten.

14. Bei Klangfiguren, die durch Longitudinalschwingungen gebildet werden, sprechen alle Zeichen dafür, dass auf Membranen von gleichem Material die Dimensionen der Figuren und Wellenlängen stets dieselben bleiben, wenn auch die Spannung, die Grösse und die Gestalt der Membrane beliebig geändert wird; so dass die letzteren bei Messungen nicht in Betracht zu ziehen sind.

15. Die durch die Transversalschwingungen gebildeten Klangfiguren eignen sich zu Messungen nicht gut, weil auf den verschiedenen Teilen der schwingenden Fläche, — entsprechend den Amplituden verschiedener Höhe, — der Widerstand des Luftdruckes ein verschiedener ist.

16. Die Membranen, obgleich sie sich für sehr viele und sehr verschiedenartige Schwingungen eignen, können doch nicht mittelst aller, namentlich aber tieferer Töne, in genügend regelmässige Vibrationen gebracht werden.

17. Membranen können mittelst Membranen, ohne dass sie einander berühren, angeregt und in regelmässige Schwingungen gebracht werden, namentlich aber, wenn sie gleichtönig sind.

18. Die Membranen schwingen umso regelmässiger, je empfindlicher sie für irgend einen Ton sind, und je reiner und höher der übertragene Ton ist.

19. Wenn irgend eine Membrane nicht in entsprechend gleiche Wellendimensionen sich teilen kann, aber für Bildung der Knotenlinien doch geeignet ist, so bemerken wir an ihren Rändern Wellenunterschiede von  $\frac{1}{4}$  —  $\frac{1}{8}$  Wellenlängen.

20. Auf einer und derselben Membrane können gleichzeitig mehreren Tönen entsprechende und in einander verschmolzene Klangfiguren von verschiedener Wellenlänge entstehen.

21. Sowohl auf Membranen, als auch auf steifen Platten kann man gleichzeitig zwei, drei oder auch mehrere Teilungsklassen beobachten.

22. Liniensprünge und Linienschwund sind häufige Erscheinungen sowohl auf Membranen, als auch auf Platten und beide modificiren die Klangfiguren sehr.

23. Bei Longitudinalschwingungen kommt weder die Dicke, noch das Gewicht und die Spannung der Membrane in Betracht, weshalb durch mässige Belastung (2—300 Gr.) weder die Wellenlänge, noch aber die Gestalt der Klangfiguren leiden.

24. Bei Transversalschwingungen der Membranen spielt ihre Belastung grosse Rolle.

25. Die Klangfiguren der Membranen unterscheiden sich nur in ihrer vollkommeneren Entwicklung von denjenigen, die auf festen Platten hervorgebracht werden, und zwar dadurch, dass die letzteren sich nicht ganz ausbilden können. So z. B. sind unsere Membranfiguren 3—6 nichts anderes als die Chladni'schen Speichenfiguren. Während wir bei den Membranfiguren meistens mit halben Wellenlängen zu thun haben, finden wir bei den Cladni'schen nur ungefähr Viertelwellenlängen, welche noch durch die Accomodation der Randschwingungen leiden und sich deshalb zu Messungen so schwer eignen.

26. Was die Bewegungsarten der transversalen Wellen der Membranen anbelangt, so sind diese — abgesehen von dem Luftdrucke — denjenigen der steifen Platten gleich; was aber die Bewegungen der Longitudinalwellen anbelangt, so zeigen die Versuche, dass diese der Membranfläche parallel, in senkrechten Richtungen auf die Interferenzlinien stattfinden und ebenso, wie die Transversalschwingungen, stehende Wellen bilden.

Pressburg, den 12. April 1894.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen des Vereine für Naturkunde zu Presburg](#)

Jahr/Year: 1894

Band/Volume: [NF\\_8](#)

Autor(en)/Author(s): Antolik Karl

Artikel/Article: [Ueber Klangfiguren auf gespannten Membranen 13-18](#)