VII. *Ueber einige Arten der Erzeugung von Tönen durch Flammen; von Dr. A. Kundt.*

Es ist eine bekannte Erfahrung, daß ein Gasbrenner, wie er sich in den Straßsenlaternen befindet, bei welchem die breite Flamme durch zwei schräg gegeneinander gerichtete Gasströme hervorgebracht wird, zuweilen einen sehr deutlichen anhaltenden Ton erzeugt. Die Beobachtung, daß während des Tönens die Flamme meist eine eigenthümliche Form zeigt, führte mich darauf, zu untersuchen, ob dieser Ton durch irgend eine Reibung des ausströmenden Gases gegen die scharfen Kanten der Oeffnungen des Brenners oder durch eine Reibung der beiden glühenden Gasströme gegen einander erzeugt werde. Bei dieser Gelegenheit habe ich auch die bisher bekannten Versuche über die Erzeugung von Tönen durch Flammen, glühende Drahtnetze und heiße Luftströme wiederholt und bin dabei zu einigen Abänderungen bekannter Versuche und zur Anstellung einiger neuen geführt, die ich im Folgenden kurz beschreiben will.

Ich theile zuerst die Versuche mit, die angestellt wurden, um zu entscheiden, ob zwei Gasströme, glühend oder nicht glühend, die schräg gegen einander gerichtet sind, einen Ton erzeugen können und unter welchen besonderen Bedingungen das Tönen eintritt.

1. Läßt man aus zwei Spitzen zwei Windströme austreten und richtet diese unter irgend einem Winkel gegeneinander, so vernimmt man gewöhnlich einen oder eine Anzahl sehr hoher leiser Töne. Richtet man die Ausströmungsröhren so ein, daß man ein weites Glasrohr über dieselben schieben kann, so ändert sich der vorher gehörte schwache Ton wohl, der Eigenton der übergeschobenen Röhre tritt aber durchaus nicht sehr stark hervor.

2. Läßt man, wenn kein Rohr übergeschoben ist, durch die beiden Spitzen *bb'* (Fig. 13 Taf. X) Leuchtgas treten und

zündet dieß an, so zeigt die aus beiden Gasströmen gebildete Flamme, wenn beide Ströme genau gleich stark und genau gegen einander gerichtet sind, die gewöhnliche Form eines Straßengasbrenners und man vernimmt keinen Ton. Ist jedoch der eine Gasstrom stärker als der andere oder ändert man die Richtung der beiden gleichen Ströme gegen einander, so daß sie nicht mehr gerade gegen einander, sondern etwas neben einander vorbei gehen, so hört man gewöhnlich einen schwachen hohen Ton, dessen Intensität indessen größer ist, als wenn statt zweier Flammen, zwei Luftströme gegen einander gerichtet sind.

3. Schiebt man über die beiden gegen einander brennenden Flammen eine Röhre (Fig. 13 Taf. X), so vernimmt man ebenfalls, wenn die Flammen gleich und gerade gegen einander gerichtet sind, so daß sie sich zu einer ruhigen breiten Flamme vereinigen, keinen Ton. Ändert man nun aber die Größe der einen Flamme oder die Richtung der beiden Flammen gegen einander, so daß die eine etwas seitlich neben der andern vorbeigeht¹⁾, so tritt der Eigenton der Röhre, wie bei der chemischen Harmonica mit größer Intensität auf. Dabei zeigt die Flamme meist eine eigenthümliche Form. Die beiden einzelnen Flammen oder die eine, aus beiden gebildete, verlängert sich und zeigt dabei, wenn auch etwas unregelmäßig, die von mir im vorigen Heft dieser Annalen beschriebene helle und dunkle Schichtung Fig. 7 Taf. X. Man sieht die schichtenweise Anordnung am besten, wenn man das übergeschobene Rohr so hält, daß eine Stelle der Wandung desselben die Flamme fast berührt.

Gehen die beiden Gasströme so neben einander vorbei, daß man zwei getrennte Flammen sieht, so ist die Schichtung gewöhnlich nur schwach angedeutet, wie es früher für Orgelpfeifen von mir angegeben und in Fig. 4 Taf. X gezeichnet ist.

1) In der Figur sind die beiden Brennerspitzen *b* und *b'* versehentlich etwas zu sehr gekreuzt gezeichnet, so daß die Flammen zu getrennt neben einander vorbeibrennen.

4. Erzeugen die beiden gegen einander brennenden Flammen einen deutlichen Ton, so zeigen auch die beiden Flammen oder die eine aus ihnen gebildete ganz dasselbe Verhalten, wie die Flamme der chemischen Harmonica. Im rotirenden Spiegel sieht man, daß die Flammen abwechselnd in die Höhe brennen und verlöschen und zwar brennen beide Flammen gleichzeitig in die Höhe und löschen gleichzeitig aus.

Man könnte daher meinen, die Tonerregung sey ganz die der chemischen Harmonica, in der nur die erregende Flamme eine besondere Form hat. Wenn aber auch sehr ähnlich, so ist doch der Vorgang, wie bei der chemischen Harmonica und in unserem Falle der Ton erzeugt wird, nicht vollständig derselbe.

Durch die vielen Untersuchungen über die chemische Harmonica, besonders durch die neueren, ist wohl zur Genüge erwiesen, daß durch die Wirkungen des Luftzuges auf die Flamme diese in Vibration geräth, und diese ordnen sich dann bald so, daß sie dem Eigenton der Röhre entsprechen. Was bei der chemischen Harmonica die gegenseitige Wirkung von Luftzug und Flamme bewirkt, bewirkt in unserem Fall die gegenseitige Wirkung der beiden Flammen aufeinander, wobei denn der durch das Rohr gleichzeitig gehende Luftzug ebenfalls noch eine Rolle spielt. Daß eine eigenthümliche Wirkung der beiden glühenden Gasströme auf einander die eigentliche Quelle der Tonerregung ist, ergiebt sich daraus, daß der Ton sofort aufhört, wenn man eine der beiden Flammen auslöscht. Der Ton hört auch sofort auf, wenn man die Gasströme so regelt, daß sie Flammen von gleicher Größe liefern und dann diese direct gegen einander brennen läßt. Es ist zur Tonerzeugung nöthig, daß die Flammen entweder ungleich sind, oder etwas neben einander vorbeibrennen. Nur dann gerathen sie, sey es durch eine Art Reibung der einen gegen die andere, wie ein Luftstrom der gegen das Labium einer Pfeife geht, sey es auf eine andere Weise in kleine Vibrationen, von denen dann diejenigen, die dem Eigenton

des Rohres entsprechen, besonders verstärkt werden. Ist keine Röhre übergeschoben, so entsteht immer nur ein ziemlich hoher Ton, *und dieser ist auch der, den man bei den Gasbrennern so oft hört.*

5. Man kann die eine der tonerzeugenden Flammen auch durch einen Luftstrom ersetzen. Läßt man die Flamme des Rohres *b* brennen und bläst durch *b'* (Fig. 13 Taf. X) einen Luftstrom gegen dieselbe, so hört man den Ton des übergeschobenen Rohres ebenfalls. Hier kann zur Tonerregung freilich auch noch die Temperaturdifferenz zwischen Flamme und Luftstrom mitwirken. Dafs durch den gegengeblasenen Luftstrom nicht etwa kleine Explosionen entstehen, woraus man früher den Ton der chemischen Harmonica erklärte, und woraus Faraday auch den rollenden Ton herleitete, den man vernimmt, wenn man einen Luftstrom in eine Flamme bläst, ergiebt sich daraus, dafs man statt Luft, ebensowohl Kohlensäure durch das Rohr *b'* blasen kann. Bläst man nicht allzuviel Kohlensäure zu, so verlöscht die Flamme nicht, und der Ton tritt mit grofser Deutlichkeit auf.

6. Der Gedanke, dafs eine Art von Reibung der beiden Flammen gegen einander oder von Flamme und Luftstrom in den obigen Versuchen und auch in der chemischen Harmonica der erste Anlaß zum Entstehen des Tones sey, veranlafste mich zu versuchen, ob nicht ein Ton entstehen würde, wenn man eine Flamme statt gegen eine andere, gegen eine feste Wand brennen lasse. Als nun die eine Flamme in Fig. 13 Taf. X gelöscht war, so dafs also kein Ton gehört wurde und die andere der Wand der übergeschobenen Röhre genähert wurde, trat der Ton sogleich wieder auf, und dabei zeigte sich die früher beschriebene Schichtung der Flamme, wie sie in Fig. 7 gezeichnet ist, sehr schön. Da die Klangröhre jedesmal springt wenn man die Flamme gegen die Wand derselben eine Zeit lang brennen läßt, so habe ich den in Fig. 11 Taf. X gezeichneten Apparat construirt, bei dem einmal ein Springen der Klangröhre nie eintritt, und der andererseits er-

laubt für jede einzelne Klangröhre die günstigsten Bedingungen für die Erzeugung des Tones leicht herzustellen.

Auf dem unteren Brett des Stativs, welches das Klangrohr *aa* in einer Klemme hält, sind zwei kleine Schienen, zwischen denen zwei kleine Bretter verschiebbar sind, auf deren einem sich ein vertikales Rohr *b* befindet. In dieses kann durch einen Hahn und ein Kautschuckrohr von einer Gasleitung Gas eintreten. Auf das Messingrohr *b* ist mit einem Stückchen Kautschuckschlauch die eigentliche Brennerspitze *e* aufgesetzt. Dieselbe ist aus Glas und hat eine Form wie es in Fig. 6 Taf. X gezeichnet. Das andere zwischen den Schienen verschiebbare Brettchen trägt die Messingstange *c*. Auf diese ist ein dünnes etwa 9 Zoll langes, 1 Zoll breites und halbcylinderrförmig gebogenes Messingblech *d* befestigt. Gegen dieses Blech brennt die Flamme; dadurch ist, wenn auch das Blech dicht an die Wand der Glasröhre *aa* anliegt, das Springen dieser letzteren vollständig vermieden. Dadurch, daß sowohl *b* wie *c* mit den Brettchen, auf denen sie befestigt sind, in den Schienen verschoben werden können, können sie, jenachdem die Röhre *aa* weiter oder enger ist, einander genähert oder von einander entfernt werden. Es gelingt immer bald für jede Klangröhre eine passende Brennerspitze, auf die sehr viel ankommt, auszuwählen, und Flamme und Blech so gegen einander einzustellen, daß der Ton entsteht. Viel hängt dabei davon ab, an welcher Stelle des Rohres *aa* sich die Flamme befindet. Wie bei der chemischen Harmonica muß sich dieselbe im untern Drittel des Rohres befinden, und wird man, wie bei dieser durch Verschieben des Rohres in der haltenden Klemme leicht die beste Stellung finden.

Ist der Apparat richtig eingestellt, so erklingt der Grundton des Rohres sehr voll und stark und dabei zeigt die Flamme die Anordnung in helle und dunkle Schichten sehr regelmäÙig und scharf. Der Abstand der hellen Schichten von einander ist hier ebenso wie es früher für die Orgelpfeifen angegeben, abhängig von der Länge der tönenden

Luftsäule. Im rotirenden Spiegel sieht man, daß auch hier die ganze Flamme abwechselnd in die Höhe brennt und erlöscht, und überhaupt verhält sich hier die tonerregende Flamme ganz ebenso wie die Flammen innerhalb tönender Pfeifen.

Wenn auch gewiß bei der eben beschriebenen Art von Tonerzeugung der Luftzug, der durch die Flamme in dem Rohre entsteht, nicht ohne Wichtigkeit für das Auftreten des Tones ist, so kann doch wohl nicht bezweifelt werden, daß die ursprüngliche Anregung zum Ton hervorgebracht wird dadurch, daß die Flamme sich gewissermaßen an der Blechwand reibt, wie ein Luftstrom sich am Labium einer Pfeife reibt.

7. Bei den bisher besprochenen Arten der Tonerzeugung spielt wohl die Temperatur eine Rolle, nicht aber eigentlich direct die Temperaturdifferenz zwischen zwei Körpern. Anders ist dies bei dem zuerst von Rijke¹⁾ beobachteten Ton, der entsteht, wenn man ein in einer vertical gehaltenen Röhre befestigtes Drahtnetz durch eine Flamme erhitzt und dann die Flamme entfernt. Hier ist gerade die Temperaturdifferenz des Drahtnetzes und des durch die Röhre gehenden kalten Luftzuges, die Ursache des Tönens, und der Ton hört auf, sobald diese Temperaturdifferenz durch Abkühlung des Drahtnetzes ausgeglichen ist. Ebenso beruht der von Boscha bei Rijke's Versuchen beobachtete Ton, der zuweilen im ersten Moment beim Unterschieben der Flamme gehört wird, auf der Temperaturdifferenz des heißen Gasstromes oberhalb der Flamme und des kalten Drahtnetzes und der Ton verschwindet daher auch, sobald das Drahtnetz warm wird. Kann man in beiden Fällen die Temperaturdifferenz erhalten, was bei dem ersten Ton, wie Rijke angiebt, dadurch geschehen kann, daß man das Drahtgewebe durch einen sehr starken galvanischen Strom im Glühen erhält, und bei dem zweiten Ton nach Riefs²⁾ dadurch, daß man das Drahtnetz im

1) Pogg. Ann. Bd. CVII, S. 339.

2) Pogg. Ann. Bd. CIX, S. 145.

oberen Drittel der Röhre anbringt und auf geeignete Weise von aussen durch Wasser abkühlt, so hält auch in beiden Fällen der Ton an. Um das Drahtnetz glühend zu erhalten, ist ein sehr starker galvanischer Strom erforderlich, den man nicht immer zur Disposition hat. Ich habe eine andere Methode gefunden, mittelst welcher man den von Rijke gefundenen Ton sehr leicht anhaltend erzeugen kann.

In dem Rohr *aa'* Fig. 10 Taf. X befindet sich bei *b* das Drahtgewebe in Form einer kleinen Schaale, die von oben in das Rohr eingeschoben sich federnd hinreichend fest an ihrer Stelle hält. In diese kleine Drahtschaale wirft man einige Schnitzelchen Platinblech oder Platindraht und läßt nun durch das Rohr *C* Leuchtgas in das Rohr *aa'* gehen. Indem dieses mit Luft vermisch das Platin trifft, welches in der kleinen Drahtschaale liegt, wird dasselbe, besonders wenn man es vorher etwas angewärmt hatte, glühend, und theilt dabei seine Wärme dem Drahtgewebe mit, so daß dieses, wenn auch nicht glühend, so doch heiß wird. Sobald das Platin glüht, fängt auch der Ton des Rohres an, und so lange von unten Gas zuströmt, hält der Ton ganz constant an. Um das ausströmende Gas nun nicht längere Zeit unverbrannt in die Luft entweichen zu lassen, kann man dasselbe oberhalb bei *a'* anzünden. Der Ton des Rohres ändert sich dadurch wohl etwas, bleibt aber deutlich und constant, und wenn das Gas unten in richtigem Maasse und richtig mit Luft vermengt zuströmt, so brennt auch die Flamme oben ziemlich ruhig. Dicht über dem Glasrohr zeigt sie oft eine eigenthümliche Form; der Theil derselben ganz nahe dem Rohre sieht aus wie ein Stück einer cannelirten Säule.

Ich benutze für den Versuch, der für Vorlesungen, wie mir scheint, recht instructiv ist, das Gestell der Fig. 11 Taf. X. Das Brettchen mit dem Träger *c* und dem Messingblech *d* wird entfernt, auf *b* wird statt der gebogenen Glasspitze eine gerade aufgesetzt, und das Glasrohr mit dem Drahtgewebe in die Klemme eingesetzt.

Man kann den Ton, den ein heißes Drahtnetz erzeugt, noch auf eine andere Weise constant machen, doch tritt bei dieser Anordnung des Versuches das eigentliche Entstehen des Tones durchaus nicht so klar, wie in der vorigen, zu Tage. In Fig. 12 Taf. X befindet sich in dem Glasrohr bei *b* ein rundgedrücktes Drahtgewebe; die Spitze *c*, durch die Leuchtgas zuströmen kann, ist etwa 5^{mm} von dem Drahtnetz entfernt. Strömt nun Gas aus, so gelingt es meist, dies oberhalb des Netzes in dem Rohr anzuzünden. Es entsteht dann ein starker Ton, und die Flamme zeigt eine unregelmäßige Form, in der aber die Schichtung oft sehr deutlich hervortritt. Diese Flamme dient eigentlich nur dazu, um das Drahtnetz heiß zu halten, und das kalte Gas und die kalte Luft, die von unten zuströmen, gerathen an dem Netze in Vibrationen. Ob aber in diesem Versuche nicht vielleicht die Flamme selbst mit zur Tonerregung beiträgt, lasse ich dahingestellt.

Die angewandten Drahtnetze waren von Eisen und hatten ungefähr 700 Löcher auf den Quadratzoll.

VIII. *Ueber die durch Fluorescenz hervorgerufene Wärmestrahlung;* *von Prof. Dr. Victor Pierre in Prag.*

(Mitgetheilt von Hrn. Verf. aus d. Sitzungsberichten d. Wien. Akad.
 Bd. LIII.)

Es ist wiederholt die Frage gestellt worden: ob durch Fluorescenz auch strahlende Wärme erzeugt werde? und es haben Studnicka (Wien. Akad. Ber. XLIV, 2, S. 289) und Fürst Salm-Horstmar (Pogg. Ann. XCIII, S. 54) dieselbe im bejahenden Sinne beantworten zu müssen geglaubt. Insofern als sichtbaren Strahlen Wärmewirkungen zukommen, ist es im Grunde überflüssig jene Frage zu stellen,