

T. K. MONRO. **A case of sympathetic pain: pain in front of the chest induced by friction of the forearm.** Brain. Part LXXII. S. 566 bis 570. Winter, 1895.

Der mitgeteilte Fall ist für die Lehre von den Mitempfindungen interessant. Ein Heizer, welcher bereits jahrelang an eigentümlichen, auf die rechte Körperhälfte beschränkten Schweißausbrüchen litt, bekam — angeblich im Anschluß an eine Erkältung, wahrscheinlich aber im Anschluß an einen Sturz — Schmerzen auf der rechten Rückenhälfte in der Höhe des siebenten Brustwirbels. Eine weitere schmerzende Zone findet sich zwischen der rechten Axillarlinie und der rechten Mamillarlinie, von der Achsel bis zur sechsten Rippe. Eine dritte Schmerzzone nimmt einen großen Teil der Dorsalfläche des rechten Vorderarmes (ausschließlich der Finger) ein. Es wurde nun festgestellt, daß bei Berührungen im Bereich der letztgenannten Zone eine Berührungsempfindung auch in der zweitgenannten Zone eintritt. Die umgekehrte Mitempfindung besteht nicht. Wird ein starker Druck auf die Armzone ausgeübt, so tritt im allgemeinen kein Schmerz am Orte des Druckes ein, sondern in der Brustzone. Nur die Gegend des Gelenkes von Radius und Humerus ist örtlich sehr druckempfindlich. Die genaue Abgrenzung der Schmerzonen ist der Beschreibung und Abbildung des Originals zu entnehmen, ebenso auch die Einzelheiten über das Auftreten der spontanen Schmerzen. Verfasser nimmt eine sympathetic neuralgia an und weist darauf hin, daß der hintere Hautast des N. musculocutaneus und der Ramus cutaneus posterior inferior des N. radialis den Rami perforantes laterales der Intercostalnerven nach Ross homolog sind. ZIEHEN (Jena).

1. R. KÖNIG. **Die Wellensirene.** *Wiedem. Ann.* Bd. 57. S. 339—388. 1896.
2. — **Zur Frage über den Einfluß der Phasendifferenz der harmonischen Töne auf die Klangfarbe.** Ebenda. S. 555—566.
3. L. HERMANN. **Zur Frage betreffend den Einfluß der Phasen auf die Klangfarbe.** Ebenda. Bd. 58. S. 391—401. 1896.

„Die Wellensirene ist ein Apparat, welcher den Zweck hat, in der Luft eine Schwingungsbewegung von beliebiger Form dadurch zu erzeugen, daß eine diese Bewegung darstellende Kurve, welche am Rande eines Metallstreifens aufgeschnitten ist, vor einer anblasenden Windspalte vorbeigeht und diese somit ihren Ordinaten entsprechend periodisch verkürzt und verlängert.“ So beschreibt K. selber die von ihm konstruierte Wellensirene. Nun wäre es allerdings mit großer Freude zu begrüßen, wenn uns ein Apparat zur Verfügung stände, mit dem wir beliebige Luftwellen leicht zu erzeugen im stande wären. Es ist — namentlich seit HELMHOLTZ — jedem bekannt, daß die Töne, die wir zu akustischen Versuchen benutzen, im allgemeinen keine einfachen Töne sind, sondern außer dem Grundtone noch eine kleinere oder größere Reihe von Obertönen enthalten. Da nun die Obertöne bei vielen Versuchen eine sehr störende Rolle spielen, so hat man sich schon lange bemüht, einfache, obertonfreie Töne hervorzurufen. Eine Zeit hindurch herrschte die Meinung, daß Stimmgabeln auf Resonanzkästen solche Töne hervorbrächten. Allmählich machten sich Zweifel hieran geltend;

und einen experimentellen Beweis von der Falschheit dieser Annahme brachte vor kurzem STUMPF (*Wiedem. Ann.* Bd. 57. S. 660—681). Wenn nun K.'s Behauptung, daß man mit der Wellensirene eine Luftwelle von beliebiger Form erzeugen könne, streng richtig wäre, so hätte man hier ein Mittel, einfache Töne zu erzeugen. Man brauchte nur eine Sinuskurve anzublasen. Wollte man den Zusammenklang zweier oder mehrerer Töne untersuchen, so könnte man mehrere Sinuskurven anblasen oder auch, wie K. es in der That ausgeführt hat, eine aus einfachen Sinuskurven summierte Kurve. Nun hatte HERMANN in einer früheren Abhandlung behauptet, die Wellensirene erzeuge nicht der Kurve entsprechende Luftbewegungen, sondern — infolge von Stauungen und Wirbelbewegungen — viel kompliziertere Luftwellen. Diese Behauptung sucht K. zu widerlegen.

1. Beim Blasen durch eine dünne, durch 3—4 mm breite parallele Wände gebildete Spalte unter 12 cm Wasserdruck, während in den Luftstrom durch eine seitliche Röhre etwas Talkpulver geschüttet wurde, fand K., daß die ausströmende Luftlamelle etwa 1 cm nach dem Austritt aus der Spalte noch keine Erweiterung wahrnehmen läßt und darauf bis zur Entfernung von etwa 2 cm von der Spalte ihre Dicke ungefähr verdoppelt.

2. Um den Druck im Zuleitungsrohre zu untersuchen, verband K. dieses mit einer manometrischen Flamme. Es zeigte sich, daß die Flamme im Drehspiegel nur verschwommene Bilder von geringer Höhe gab, wenn das Kurvenblech ganz dicht vor den Windspalten vorbeiging. Wurde das Kurvenblech 3 mm von den Spalten entfernt, so zeigte die Flamme fast gar keine Rückwirkung der periodischen Ausströmungen auf den Druck der zuströmenden Luft mehr an. Da nun nach dem Versuche 1 die Entfernung auf 10 mm gebracht werden kann, so glaubt K., daß sich Stauungen im Zuleitungsrohre gänzlich vermeiden lassen.

3. Es fragt sich nun, ob vor den vollen Teilen der ausgeschnittenen Kurve Luftanstauungen stattfinden. Die Möglichkeit davon giebt K. zu. „Diese Kompression dürfte jedoch schwerlich jemals beträchtlich werden können, da die Luft bei ihrem Anprallen durch nichts verhindert wird, sich sofort nach allen Seiten auszubreiten.“ Einen Beweis hierfür findet K. in folgendem Versuch: Benutzt man statt der Kurve rechteckige Ausschnitte und stellt die Luftspalte in die Mitte dieser Ausschnitte, aber parallel zur Bewegungsrichtung des Bleches, so hört man wie gewöhnlich einen Ton. Verschiebt man die Spalte nun parallel zu sich selbst, so daß sie zwar keinem der Ausschnitte bei der Drehung des Bleches gegenüber zu stehen kommt und stets das volle Blech vor sich hat, aber so, daß sie ganz dicht an der Grenze der Ausschnitte vorbeigeht, so hört man keine Spur von einem Tone. Hieraus schließt K., daß sich neben der Luftlamelle keine Luft angestaut haben könne, weil diese sonst durch die Ausschnitte entweichen und einen Ton erzeugen müßte.

4. Wenn vor den vollen Teilen der Kurve Luftanstauungen stattfänden, so müßte, meint K., der Klang um so schärfer sein, je länger die vollen Teile sind. In der That giebt nun seine Kurve mit der



Phasenkoinzidenz  $\frac{1}{4}$ , bei der die Teile länger sind, einen schärferen Klang, als die mit der Phasenkoinzidenz  $\frac{3}{4}$ , bei der die vollen Teile kurz sind. Da nun aber, wenn bei letzterer Kurve die vollen Teile durch Auseinanderrücken der Ausschnitte verlängert werden, so daß sie denen der anderen Kurve gleichkommen, der Klang durchaus nicht an Schärfe dem Klange jener Kurve entspricht, so können überhaupt keine irgendwie wirksamen Luftanstauungen vor den vollen Teilen stattfinden.

5. Die Wirkungslosigkeit der entstehenden Wirbelbewegungen weist K. folgendermaßen nach: Befestigt man an einer Zinke einer Stimmgabel eine Metallplatte und läßt diese die Windspalte der Sirene verschließen, so hört man eine Verstärkung des Stimmgabeltons, wenn bei der Bewegung der Platte die Breite der Spalte periodisch verändert wird. Man hört aber keine Verstärkung, wenn auf beiden Seiten der Platte ein Teil der Spalte frei und daher bei den Bewegungen der Platte die Summe der Teilöffnungen der Spalte dieselbe bleibt, obwohl doch in diesem Falle Wirbel ohne Zweifel entstehen. Ein entsprechendes Experiment mit einem ringförmigen, geschlängelten Ausschnitt auf der Wellensirene führte ebenfalls zu dem Ergebnisse, daß Wirbelbewegungen mit oszillierendem Ausgangspunkte keinen Ton erzeugen können.

Statt einer Luftspalte hat KÖNIG nun auch mehrere an der Wellensirene angebracht, durch die gleichzeitig dieselbe Kurve angeblasen werden kann. Ferner kann die Breite jeder einzelnen Spalte verändert werden. Die Töne werden am stärksten, wenn die Breite der Spalte bis zu einer halben Länge der Kurvenperiode vergrößert wird. Bei der Verbreiterung bis auf die ganze Länge der Periode nehmen die Töne bis zu Null ab, was physikalisch leicht verständlich ist. Man kann durch Veränderung der Spaltenbreite bei einer zusammengesetzten Kurve einzelne Töne derselben verstärken, da vorstehendes Gesetz auch für die Komponenten einer zusammengesetzten Kurve gilt. Die Neigung der Luftspalte bedeutet dasselbe, als wenn mit unveränderter Spaltenrichtung eine Kurve mit entsprechend veränderten Ordinaten angeblasen wird. Dies ist so selbstverständlich, daß es keiner weiteren Erörterung bedarf.

6. Als Beweis für die Leistungsfähigkeit der Wellensirene führt K. an, daß man jetzt, nachdem statt der einen acht Anblaseöffnungen angebracht sind, die Stofstöne stärker hören könne als früher, was klar ist, da ja auch die Primärtöne stärker sind. Nun hört man bei Stimmgabeln beim Intervall 8 : 11 und 8 : 13 außer diesen die Töne 5, 3 und 2. K. versuchte dies auch bei der Wellensirene zu erzielen. „Eine Scheibe mit Kurven des Intervalls 8 : 11, oder 8 : 13, allein durch acht Spalten angeblasen, ließ jedoch trotz der sehr großen Intensität der primären Stofstöne 3 und 5, oder 5 und 3, den sekundären Stofston 2 nicht vernehmen, offenbar aber nur, weil die Intensität dieser beiden Töne zu verschieden ist und im ersten Falle der Ton 3 viel stärker als der Ton 5, im letzteren der Ton 5 viel stärker als der Ton 3 gehört wird; denn setzt man diese beiden Scheiben zugleich auf die zwei Achsen des Apparats auf und bläst sie gleichzeitig, jede durch vier Spalten an, so

tritt sofort der Ton 2 auf das deutlichste hervor, weil durch den Zusammenklang der beiden Paare primärer Stofstöne die Intensitäten der beiden sie bildenden Töne 3 und 5 ausgeglichen werden.“

7. Bei Stimmgabeltönen des Intervalls 64:127 hört man in jeder Periode abwechselnd eine Verstärkung des höheren und eine des tieferen Tones. Es gelang, auf der Wellensirene mit einer Kurve dieses Zusammenklanges die besagte Erscheinung ziemlich gut nachzumachen.

8. Bläst man eine Kurve so an, daß die eine Hälfte der Windspalten gegen die andere eine Phasendifferenz von  $\frac{1}{2}$  zeigt, so machen sich Interferenzerscheinungen bemerkbar. Bei Akkordkurven kann man so durch Einstellung der Spalten auf die entsprechende Phasendifferenz den einen oder den anderen Ton des Akkordes zur Interferenz bringen. Doch erzielt man, was ja auch zu erwarten ist, keine völlige Auslöschung des Tones, aber doch eine Abschwächung.

9. Von besonderer Wichtigkeit sind nun die Versuche über die Frage, ob beim Anblasen von Sinuskurven harmonische Töne entstehen. K. fand durch Benutzung von Resonatoren und Anwendung der vorher beschriebenen Interferenzmethode, daß bei geringer Intensität und mittlerer Tonhöhe nur eine leise Oktave festzustellen war, bei größerer Tiefe auch noch eine schwächere Duodezime. Sehr interessant ist, daß, wenn die Amplitude verdoppelt wurde, fünf Teiltöne deutlich herauszuhören waren. K. bemerkt, daß in diesem Falle die Doppeloktave besonders stark zu hören war. Er meint, dies sei vielleicht durch Resonanz in einem Teile des Apparats zu erklären, vermochte aber eine solche nicht nachzuweisen.

K. hat nun auch noch die von HERMANN aufgezeichneten Vokalcurven auf der Wellensirene untersucht. Er fand, daß sich *A*, *O* und *E* ganz gut darstellen lassen. *U* erschien mehr wie *A* oder *Ae*. Dagegen ließe eine einfache Sinuskurve ein durchaus tadelloses, vorzügliches *U* hören.

10. Läßt man eine Stimmgabel mit ihrer um eine Schwingung verstimmtten Oktave zusammen erklingen, so hört man in jeder Sekunde abwechselnd eine Verstärkung des tieferen und des höheren Tones. Nach K. entstehen diese Schwankungen ohne Mitwirkung eines Obertones. K. knüpft hieran eine weniger interessante Polemik gegen H., von dem er fälschlich annimmt, er habe das An- und Abschwollen der beiden Töne nicht richtig beobachtet.

11. HERMANN hatte es auffallend gefunden, daß zwei Klänge, von denen der eine die ganze Reihe, der andere nur die ungeraden der harmonischen Töne mit regelmäßig abnehmender Amplitude enthält, keinen größeren Unterschied zwischen sich hören lassen, als dieses beim Anblasen ihrer Wellenkurve der Fall ist. K. bestreitet ihm nun das Recht zu dieser Behauptung, daß der Unterschied größer sein müsse, da H. sich auf kein direktes Experiment stützen könne.

Gegen K.'s Ausführungen verteidigt nun HERMANN seinen Standpunkt. Ich gebe H.'s Entgegnungen wieder und werde mir erlauben, daran mehrfach eigene Erwägungen anzuschließen.

Zu 3. Auf diese Argumentation hat H. direkt nichts erwidert.



Ich kann K.'s Beweis nicht für zwingend halten. Sein Versuch beweist allerdings, daß neben der Luftlamelle keine Luftanstauungen eintreten. Daß aber vor dem Kurvenblech auf der von dem Luftstrome direkt getroffenen schmalen Fläche eine Luftanstauung stattfinden muß, scheint mir ganz selbstverständlich. Sobald nun der Ausschnitt an die Stelle des Bleches tritt, wird die zusammengedrückte Luft frei. Es wird also im ersten Augenblicke mehr Luft vorwärts strömen, als in einem gleich großen späteren Zeiteile. Dies hat K. keineswegs durch sein Experiment widerlegt.

Zu 4. Ich möchte dazu bemerken, daß ich es höchst sonderbar finde, daß die Luftanstauungen um so größer werden sollen, je länger die vollen Teile des Kurvenbleches sind. (H. hat dies nicht ausdrücklich gerügt.) Danach müßte man ja den Druck bei genügender Ausdauer bis ins Unendliche steigern können. Thatsächlich wird der Druck, sobald das Blech vor den Spalt tritt, in ganz kurzer Zeit an dem Bleche steigen und dann konstant bleiben, ohne Rücksicht darauf, wie lange das Blech vor der Öffnung verweilt. Daß jede plötzliche Unterbrechung und Wiederfreigabe des Luftstromes eine Schärfe des Klanges bewirkt, beweist HERMANN dadurch, daß ein Blech mit rechteckigen kurzen Ausschnitten und langen Zähnen einen äußerst scharfen, ein Blech mit langen Ausschnitten und kurzen Zähnen einen äußerst schwachen Klang erzeugt. Dies werde K. unmöglich auf Phasendifferenzen, etwa von  $\frac{3}{4}$  und  $\frac{1}{4}$ , zurückzuführen unternehmen. Ferner machte HERMANN folgenden Versuch: Wenn man K.'s Kurven II und IV gleichzeitig anbläst, so müßte nach K. gar nichts gehört werden oder doch eine Abschwächung bemerkbar sein, da die Summe der freigegebenen Teile beider Spalten stets die gleiche bleibt. Statt dessen hört man den Klang ungeschwächt.

Dafür, daß das Ohr Richtungsumkehrung der Schallbewegung nicht erkennen kann, spricht nach H. der Umstand, daß bei Schallreflexion keine Klangfarbenänderung bemerkt wird. Ferner führt H. an, daß nach dem Klange von KÖNIGS Kurven dessen Voraussetzungen entsprechend der Einfluß der Amplituden der Teiltöne ungleich geringer sein müßte als derjenige ihrer Phasen, was unglaublich ist und den bei der Analyse scharfer und milder Klänge gemachten Erfahrungen nicht entspricht.

Zu 4 und 9. Schließlich betont H., daß der ganze schallerzeugende Vorgang an der Sirene viel zu unsymmetrisch nach beiden Hauptrichtungen sei, um genau den Kurven entsprechende Töne entstehen zu lassen. Da H. auf diesen mir wichtig scheinenden Punkt nicht näher eingeht, so möchte ich noch einiges darüber hinzufügen. Wenn wir eine sanft ansteigende und abfallende Kurve anblasen, so wird beim Vorbeigange eines jeden Ausschnittes auf der der Spalte entgegengesetzten Seite des Bleches ein langsames Anwachsen und Abnehmen des Druckes stattfinden, und zwar ist es wahrscheinlich, daß sich in diesem Falle die Wiederausdehnung der zusammengepreßten Luft über einen nur wenig größeren Zeitraum erstreckt als die Zusammendrückung. In solchem Falle wird die Kurve der Luftbewegung von einer

Sinuskurve nur wenig abweichen, und wir werden einen milden Klang erhalten. So bei KÖNIGS Kurve mit der Phasenkoinzidenz  $\frac{3}{4}$ . Ob die vollen Teile verlängert werden oder nicht, kann dabei nur eine geringe Rolle spielen. Merkwürdig ist, daß K., ohne auch nur den Versuch eines Beweises zu machen, einfach behauptet, die durch Einschaltung von vollen Stücken entstandene neue Kurve müsse die Kurve eines — infolge der Phasenkoinzidenzen — milderer Klanges sein. Das ist nichts anderes als: die Voraussetzungen herleiten aus dem zu Beweisenden. K. hätte durch mathematische Analyse zeigen sollen, durch was für Phasenkoinzidenzen hier der milde Klang hervorgerufen wird. Denselben Vorgang haben wir bei K.'s Sinuskurven von geringer Amplitude. Tritt jedoch die maximale Öffnung der Spalte sehr plötzlich ein, so entsteht eine sehr schnelle Drucksteigerung auf der entgegengesetzten Blechseite. Die Abnahme des Luftdruckes geht deshalb aber nicht schneller vor sich als bei langsamer Drucksteigerung, da die Geschwindigkeit der Ausbreitung zusammengepresster Luft nur abhängig ist von den Gesetzen der Elastizität, keineswegs von der Schnelligkeit oder Langsamkeit, mit der der Überdruck erzeugt worden ist. Die Kurve der Luftbewegung wird also in solchen Fällen allemal steil ansteigen und langsamer abfallen, ohne Rücksicht darauf, wie die Blechkurve gestaltet ist. Die Folge davon ist die Bildung einer Reihe von Obertönen. So bei K.'s Kurve mit der Phasenkoinzidenz  $\frac{1}{4}$  und bei seinen Sinuskurven mit hoher Amplitude. Einen besseren Beweis von der Richtigkeit der Ansicht HERMANNs konnte KÖNIG gar nicht liefern als seine Versuche mit Sinuskurven von geringerer und größerer Amplitude, also sanfterer und steilerer Steigung der Blechkurven. Übrigens finde ich es wunderbar, daß K., um die Erklärung des Hervortretens der Doppeloktave durch Resonanz auf ihre Richtigkeit zu prüfen, nicht einfach Änderung der Rotationsgeschwindigkeit und damit der Tonhöhe angewandt hat. Dann hätte die Resonanz ja fortfallen müssen.

Zu 5. Daß durch die Wirbelbewegungen keine Töne entstehen, dürfte durch K.'s Versuche allerdings bewiesen sein, und das scheint auch HERMANN anzunehmen, da er nichts dagegen erwidert.

Zu 6. Der Grund, den K. hier für das Zustandekommen des Tones 2 bei gleichzeitigem Anblasen der Kurven 8:11 und 8:13 angiebt, scheint mir etwas weit hergeholt zu sein. Daß man bei gleichzeitigem Ertönen der Primärtöne 8, 11 und 13 den Differenzton  $13 - 11 = 2$  hört, ist doch ganz natürlich. Daß der Ausgleich der Intensitäten der Töne 3 und 5 dazu erforderlich ist, vermag ich nicht einzusehen. Wenn die Wellensirene den Vergleich mit einem Stimmgabelklange aushalten soll, so muß bei 8 und 11 allein und bei 8 und 13 allein der Ton 2 gehört werden, was eben nicht der Fall ist.

Hierzu möchte ich noch bemerken, daß bei der Intervallkurve 8:11 bei Versuchen im hiesigen Psychologischen Seminar der Summationston 19, von dem ich bei Stimmgabeln nichts habe hören können, nicht etwa mit Mühe herausgehört werden konnte, sondern vielmehr der stärkste aller überhaupt hörbaren Töne war, was sicher nicht dafür



spricht, daß die Wellensirene genau der Blechkurve entsprechende Luftwellen erzeugt.

Zu 7 und 10. Daß K. die bei Stimmgabeln leicht zu beobachtenden Tonschwankungen an der Wellensirene nur „ziemlich gut“ nachmachen konnte, ist nicht gerade eine Empfehlung dieses Apparates. Wenn das Ohr, wie K. es annimmt, Ordinatenumkehr erkennen könnte, so müßte man nach HERMANN vier Abwechselungen in der Periode hören; man hört aber thatsächlich nur zwei. Wenn HERMANN meint, daß die Schwebungen des hohen Tons bedingt sind durch den ersten Oberton des tieferen, so hat er damit (s. STUMPF, Über die Ermittlung von Obertönen, *Wiedem. Ann.* Bd. 57. S. 670. 1896) sicher recht und KÖNIG unrecht, der die hohen Schwebungen auch ohne den Oberton annahm. Dagegen kann ich mich HERMANN wieder nicht anschließen, wenn er die tiefen Schwebungen als eine Sinnestäuschung ansehen will, indem sich der — nach H. konstante — tiefe Ton während der Abschwächungen des höheren nur leichter bemerkbar mache. Wenn man die Aufmerksamkeit auf den tiefen Ton richtet, hört man ihn genau so schweben, wie den hohen, wenn man auf diesen merkt. Die Möglichkeit einer Erklärung dieser Erscheinung ohne Annahme objektiv entstehender Differenztöne habe ich an anderer Stelle (Über Kombinationstöne, *diese Zeitschr.* Bd. XI. 1896) gezeigt. Daß die Schwebungen des tiefen Tons nicht nur scheinbar sind, davon kann man sich leicht überzeugen, wenn man den Oberton durch Interferenz auslöscht und so die hohen Schwebungen vernichtet.

Zu 11. Daß HERMANN sehr mit Recht betont hat, daß K.'s Kurven mit allen und mit nur ungradzahligen Teiltönen einen viel geringeren Klangunterschied zeigen, als man erwarten darf, wird KÖNIG nun wohl zugeben, nachdem durch STUMPF festgestellt worden ist, daß die nur ungradzahlige Teiltöne enthaltenden Kurven auch gradzahlige Töne erzeugen.

Soll ich nach alledem ein Urteil über die Verwendbarkeit der Wellensirene abgeben, so muß ich sagen: Sie ist insofern ein ganz interessanter Apparat, als man damit zeigen kann, daß man auch auf diese Weise Töne hervorzurufen vermag. Zu Versuchen aber über die Wirkung von Klängen auf unser Ohr möchte ich sie niemandem empfehlen. Hierzu werden wir uns nach wie vor der Resonanzgabeln oder, wenn es sich um länger dauernde Töne handelt, angeblasener Flaschen oder kubischer Pfeifen bedienen müssen, die bei schwachem Anblasen an Einfachheit hinter den Stimmgabeln nicht zurückstehen.

MAX MEYER (Berlin).

CHAS. A. OLIVER. A critical study of a few of the changes found in the fields of vision, taken whilst the eyes are placed at right angles to their ordinary position. *Brain.* Part LXXII. S. 562—565. Winter, 1895.

Verfasser hat die Angabe der Künstler, daß sie bei seitlicher (Ref.) Senkung des Kopfes die Farben einer entfernten Landschaft lebhafter