(Aus dem mediz.-poliklin. Institut der Universität Berlin.
Geh.-Rat Prof. Dr. Senator.)

Zur Frage der Registrierung von Bewegungsvorgängen mit feuchten Membranen.

Von

Heinrich Gerhartz.

(Mit 2 Textfiguren.)

An meine Veröffentlichung über Registrierung von Bewegungsvorgängen mit feuchten Membranen¹⁾ hat Weiss²⁾ Ausführungen geknüpft, die mir Veranlassung zu folgender Entgegnung geben.

Weiss benutzt zur Abnahme der Membrandurchbiegungen einen rechtwinkelig gebogenen Glashebel, von dem das eine Ende zu einer Glasöse umgebogen, das andere fixiert ist. Dieser Glashebel soll ca. $\frac{1}{100}$ mm Durchmesser haben, vermag sich also durchzubiegen³⁾. Dabei bewegt sich die Öse um die Befestigungsstelle etwa in einem Kreisbogen.

Es können hierbei zwei Möglichkeiten vorhanden sein: entweder bleibt die rechtwinkelige Biegung des Hebelchens gewahrt oder nicht.

Im ersteren Falle schwingt die auf der Membran liegende Öse ausser in der horizontalen auch in vertikaler Richtung (Skizze 1). Das Maximum der Exkursionen der Seifenlamelle ist dabei nicht mehr in deren Zentrum, und die Gesamtdurchbiegung ist nicht mehr proportional der aufzuzeichnenden, sondern die Seifenlamelle wird „stark und einseitig deformiert“ und „schwingt unrichtig“. Unter

1) H. Gerhartz, Registrierung von Bewegungsvorgängen mit feuchten Membranen. Pflüger's Arch. Bd. 124 S. 526—528. 1908.

2) O. Weiss, Über einige Einwände gegen die Verwendung von Flüssigkeitslamellen zur Schallregistrierung. Pflüger's Arch. Bd. 127 S. 74—77. 1909.

3) O. Weiss und G. Joachim, Registrierung und Reproduktion menschlicher Herztöne und Herzgeräusche. Pflüger's Arch. Bd. 123 S. 354: „Unter 10μ Durchmesser herunterzugehen ist nicht empfehlenswert, weil dann die Fäden zu biegsam werden“.

„unrichtig schwingen“ wird allgemein ein Bewegungsvorgang verstanden, der nicht entsprechend der zeitlichen oder Intensitätsänderung der wirksamen Kraft erfolgt, also die Änderungen der wirkenden Kraft nicht diesen proportional wiedergibt.

Die zum besseren Verständnis in verzerrtem Massstabe gezeichnete Skizze lässt erkennen, dass der oberhalb der Öse gelegenen Hälfte der Membran eine Zugspannung, der unteren eine gleich grosse Druckspannung bei der Durchbiegung des Hebels algebraisch addiert wird, somit der Hebel die Membran „radiär belastet“. Man erkennt ferner, dass die Bewegung des Hebels durch die Verschiebung der Ösenmitte des Hebels aus dem Mittelpunkt der Membran eine grössere geworden ist, als sie geworden wäre, wenn die Öse nur in einer horizontalen Richtung sich bewegt hätte. Es wird so eine „relativ geringe Vergrösserung der Ausschläge“ (ungewollt) erreicht. Umgekehrt wird bei einer entgegengesetzten Durchbiegung der Membran eine Verkleinerung der Ausschläge durch das Wandern der Öse an einen Ort geringerer Durchbiegung stattfinden. Je kleiner die Membran ist, desto mehr wird dies in die Erscheinung treten und bei einer Membran von 10 mm Durchmesser nicht mehr zu vernachlässigen sein.

Die zweite Möglichkeit, bei der die Biegsamkeit des Hebelchens so gross ist, dass es durch die Membrandurchbiegung so deformiert wird, dass der Hebelwinkel sich ändert, d. h. also die Öse ständig konzentrisch mit der Membranperipherie bleibt, ist bei einer Seifenlamelle nicht anzunehmen. Auch in diesem Falle würde eine Deformierung der richtigen Membranexkursionen stattfinden; denn dann wird das Hebelsystem gespannt, mag die Öse auf der Membran liegen, wo sie will, und es sind Verhältnisse vorhanden, wie sie in folgendem einfach anzustellenden, aber gut illustrierenden Experiment deutlich werden.

Wird auf eine horizontal gerichtete Seifenlamelle eine kleine kreisförmige Scheibe gelegt, so wird sie, mag man sie legen, wohin man will, nach dem Rande hingezogen. Wird nun von dem Scheibchen aus z. B. auch nur ein Zwirnfaden nach dem Rande zu gelegt, so

Fig. 1. Membrandeformierung bei Beibehaltung der normalen Hebelwinkelstellung. *abc* Glashebel, *d* Glasöse. — Die Pfeile geben die Richtung der bei der Durchbiegung wirkenden Kräfte an.

bleibt die auf die Seifenlamelle gebrachte Scheibe an der Stelle der Lamelle, an die sie gesetzt wurde, liegen. Die vorher eklatant zutage getretenen, nach der Peripherie hin gerichteten Zugspannungen sind natürlich nicht aufgehoben, und sie schädigen ohne Zweifel die Durchbiegung der Lamelle an den Stellen am meisten, wo sie am grössten sind. Was hier die Scheibe, ist in der Weiss'schen Vorrichtung unter den zuletzt vorausgesetzten Bedingungen die Glasöse, was hier der Faden, dort die Spannung im Glashebel. Es würden also auch unter der zweiten Voraussetzung in der Weiss'schen Apparatur auf die Gestaltung der Membrandurchbiegungen ungünstig einwirkende Spannungszustände in der Lamelle vorhanden sein, auch wenn die Festigkeit des Glashebels der radiären Zugkraft der Lamelle so entgegenwirkt, dass diese aufgehoben wird und nicht zutage tritt.

Zu den erörterten Mängeln kommt, dass die Abnahme der Schwingungen der Membran bei Weiss nicht vom Optimum der Durchbiegungen aus erfolgt, wodurch die Amplituden der Membranschwingungen reduziert werden, was wieder durch stärkere Vergrösserung und intensivere Lichtquelle (bei Weiss 16 Amp. = ~ 650 Watt) ausgeglichen werden muss, abgesehen davon, dass die Verwendung einer Bogenlampe starken Veränderungen in der Helligkeit durch das Wandern des Kraters unterworfen ist. Bei dem in meiner Arbeit (l. c. 1) angegebenen Verfahren genügt eine kleine Glühlampe ($\sim 4\div 5$ Watt), die konstante Helligkeit hat.

Nun zur Frage der hemmenden Belastung! Weiss gibt Gewichtsdaten an, welche anzeigen, dass die Seifenlamelle 14mal schwerer als das Glashebelchen ist. Ich halte die Gewichtsbestimmung der Lamelle nach der Weiss'schen Methode (l. c. S. 355—356) nicht für einwandfrei. Die ganze Weiss'sche Berechnung des Lamellengewichtes beruht auf der Annahme einer planparallelen Membran. Diese Annahme ist falsch; denn jede feuchte Membran aus einer benetzenden Flüssigkeit ist bikonkav. Steht die Membran senkrecht, so wird diese Grundform — etwa nach Fig. 2 — abgeändert. Man erkennt aus dieser Abbildung, dass, wenn man die Gewichtsverhältnisse zwischen Membran und Übertragungsvorrichtung vergleichen will, man nicht das Gesamtgewicht der Membran einsetzen darf, sondern nur den wirklich wirksam sich durchbiegenden Teil. Dieser Teil ist aber der dünnste und entspricht nur einem geringen Bruchteil des Gesamtgewichtes der Lamelle. Je kleiner die Membran, desto mehr tritt dies hervor. Aus allem folgt, dass, wenn

auch tatsächlich das Gewicht des Glashebelchens $\frac{1}{14}$ des Gesamt-lamellengewichtes ist, darum doch das Verhältnis zum „aktiven“ Teil der Membran wesentlich ungünstiger ist. Die Übertragungsvorrichtung ist also „nicht mehr als gewichtslos anzusehen“.

Die Fig. 2 lässt es ausserdem fraglich erscheinen, ob bei einer feuchten Membran die senkrechte Stellung einwandfrei ist.

Das sind die Erwägungen, welche meiner Kritik der Weiss'schen Methodik zugrunde lagen. Sie werden durch die Entgegnung von Weiss in keiner Weise betroffen.

Weiss glaubt, dass es keiner neuen Methode, die Schwingungen fester Membranen zu registrieren, bedurft hat, „da im Physiologischen Institut zu Königsberg in der Registrierung der Schwingungen fester Membranen keine besonderen Schwierigkeiten gefunden werden“. Was über den Gegenstand aus dem Königsberger Institut der Öffentlichkeit mitgeteilt wurde, und wo die Schwierigkeiten lagen, habe ich in meiner ersten, die Schallaufzeichnung behandelnden Arbeit¹⁾ ausführlicher besprochen. Ich habe davon nichts wegzunehmen, noch etwas hinzuzufügen.

Was nun die Priorität der prinzipiellen Anwendung von Seifenlamellen überhaupt angeht, so habe ich zu erwähnen, dass von Garten²⁾ Stimmgabel-Fig. 2. Schem a der Form einer schwingungen bei Luftübertragungen mit gutem Erfolge Seifenlamelle. auf Seifenlamellen in Form von Seifenblasen über-^{a-b} aktiver Abschnitt. tragen wurden (1904), dass aber schon früher Ewald die Verwendbarkeit der Seifenlamellen zur Schallaufzeichnung erkannt hat. In meiner Fussnote zu S. 526 meiner erstzitierten Arbeit ist die erste Publikation Ewald's über den Gegenstand angegeben. Die Notiz über die Seifenlamellen ist der zweiten³⁾ entnommen. Ewald schrieb dort (1903): „Nach vielen vergeblichen Versuchen mit gespannten und nachher durch Öl schlaff gemachten Gummimembranen,

1) H. Gerhartz, Die Aufzeichnung von Schallerscheinungen, insbesondere die des Herzschalles. Zeitschr. f. exper. Pathol. u. Ther. Bd. 5 S. 105—130. 1908.

2) S. Garten, Über ein neues Verfahren zur Verzeichnung von Bewegungsvorgängen und seine Anwendung auf den Volumenpuls. Pflüger's Arch. Bd. 104 S. 351. 1904.

3) R. Ewald, Zur Physiologie des Labyrinths. VII. Mitt. Pflüger's Arch. Bd. 93 S. 489 Z. 11. 1903.

mit Häutchen aus Collodium, Celloidin, Gelatine, Seifenwasser u. a. m. bin ich durch folgendes Verfahren zum Ziel gelangt“ usw.

Wenn Weiss Wert auf die Prioritätsfrage legt, so kann ich einen zweiten Punkt nicht unerwähnt lassen. Weiss und Joachim (l. c. S. 381) schreiben sich die Priorität für die Berücksichtigung der zeitlichen Verhältnisse der Geräusche zu den Bewegungsvorgängen am Herzen zu. Das trifft nicht zu. Einthoven¹⁾ bildet in seiner ersten Arbeit mehrere Kardiophonogramme ab, die gleichzeitig mit dem Karotis-, Cruralispuls und dem Kardiogramm aufgezeichnet wurden.

1) W. Einthoven und M. A. J. Geluk, Die Registrierung der Herztöne. Pflüger's Arch. Bd. 57 S. 628. 1894.

$VS = 100$ in $30''$.

Fig. 4.
AS = 29 in 20°

Fig. 6.
AS = 96 in 40°

14

Autor del.

Fig. 8.

Fig. 10. Versuch I. v. 27. Juli 1907.
Sechste Zuckung.

Fig. 12. Versuch v. 29. Juli 1907.
Zweite Zuckung.

Fig. 11. Versuch v. 29. Juli 1907.
Erste Zuckung.

Fig. 15. Versuch v. 29. Juli 1907.
Erste Zuckung.

Fig. 9.

Fig. 13. Versuch v. 29. Juli 1907.
Dritte Zuckung.

Fig. 14. Versuch v. 29. Juli 1907.
Vierte Zuckung.

August 1907.
1. Zuckung.

Fig. 16. Versuch v. 2. August 1907.
Zweite Zuckung.

12. Juli 1907 um 7 Uhr sonders Injection in die V. saphena von 45 ccm eines mit 0.08% NaCl bereicherten und nachher concentrirten Gehirnauszuges (Siehe Text S. 204)

12. Juli 1907 um 7 Uhr 17 Min. abends Injektion in die V. saphena von $\frac{1}{2}$ ccm, eines mit 0,9% NaCl. bereiteten und nachher konzentrierten Gehirnauszuges (Siehe Text Seite 205.)

66 mm Hg.

Injektion von 10 ccm eines wässrigen Gehirnauszuges. (Siehe Text S. 206.)

Handwritten text, likely a list or index, written in a cursive script. The text is oriented vertically along the left side of the page.

A vertical line of small, evenly spaced tick marks or dashes, running parallel to the handwritten text on the left.

Kurve I.

Kurve II.

Injektion in die V. saphena von 10 ccm. eines salzsäueren, nachher neutralisierten
Darmextractes (Hund von 12 kg. Gewicht, 12. November 1907.)

Kurve IV.

Injektion in die V. saphena von 10 ccm. des Filtrates vom saß-
säureum neutrale behandelten Darmextractes (Hund 12 kg. Gew.)

Injektion in d. V. saph. von 10 ccm. des Filtrates vom mit Phosphor-
wolframsäure behandelten Darmextracte (Hund von 12 kg. Gewicht, 12. XI. 1907.)

105. Bartsch's Netz, Darmwall.

Injektion von 10 ccm. des mit Pb. acetikum aus dem Darmextracte
erhaltenen und mit H₂S von Pb. befreiten Niederschlage (Derselbe Hund.)

Injektion in die V. saphena von 10 ccm.
und mit Tannin behandelten Darmes

Kurve III.

schon neutralisierten und mit Pb
brennen 1902.)

rve V.

Injektion von 10 ccm. des durch Phosphor-Wolframsäure erhaltenen Niederschlags
(Löslichkeit von Phosphor-Wolframsäure u. s. w.) aus dem Darmtracte (Hund von 12 kg Gewicht, 12. November 1902.)

Kurve VI.

reifes von saftsaurem, rechten, neutralisierten
Hund von 12 kg. Gewicht, 12. XI. 1902.)

Injektion von 8 ccm. der aus dem Hg- Cl_2 Niederschlags bereiteten Lösung (Hund von 6,5 kg. Gewicht, 28. November 1902.) siehe Taf. VII

Erklärung zu Fig. 1.

Nervus vagosympathicus (Vs). Ganglion cervicale inf. (gci). Gruppe der dorsalen Zweige der Ansa Vieussenii (Vd 5, 6, 7). Gruppe der ventralen Zweige der Ansa Vieussenii (Vv 1, 2, 3). Mediale Gruppe der Zweige des Ganglion cervic. inf. (A, B). Mediale Gruppe der Zweige unter dem Ganglion cervic. inf. (X, D, E). Nervus laryngeus inf. (Nli). Laterale Gruppe der Zweige unter dem Ganglion cervic. inf. (K, L). Brustfortsetzung des N. vagus (Vp). Ganglion stellatum (gst). Halsnerven (VI, VII, VIII). Brustnerven (I, II). Ramus vertebralis (rv). Ramus communicans zum VI. Halsnerven (a). Ramus communicans zum VII. Halsnerven (b). Rami communicantes zum VIII. Halsnerven (c d e). Rami communicantes zum I. Brustnerven (g f). Ramus communicans zum II. Brustnerven (h). Brustsympathicus (Sp). Brustganglien des Sympathicus (g t h).

Fig. 1.

Fig. 2. (Versuch I.)

(Michailow.)

Fig. 5. (Versuch II.)

Verlag von Martin Hager in Bonn.

Fig. 8. (Versuch III.)

(Michailow.)

Fig. 11. (Versuch IV.)

Verlag von Martin Hager in Bonn.

Fig. 15. (Versuch V.)

(Michailow.)

Fig. 20. (Versuch VI.)

Verlag von Martin Hager in Bonn.

Fig. 21. (Versuch VII.)

(Michailow.)

Fig. 25. (Versuch VIII.)

Verlag von Martin Hager in Bonn.

Fig. 26. (Versuch IX.)

(Michailow.)

Fig. 27. (Versuch X.)

Verlag von Martin Hager in Bonn.

Fig. 29. (Versuch XI.)

(Michailow.)

Fig. 31. (Versuch XII.)

Verlag von Martin Hager in Bonn.

Fig. 34. (Versuch XIII.)

(Michailow.)

Fig. 33 a.

Fig. 33 b.

Fig. 36. (Versuch XIV.)

Verlag von Martin Hager in Bonn.

Fig. 38. (Versuch XV.)

(Michailow.)