

~~3-27~~ 76

Phonogrammarchiv  
des Museums f. Völkerkunde  
Berlin-Dahlem, Arnimallee 23a

## Sonderabdruck

aus dem

# Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden

Herausgegeben von

Geh. Med.-Rat Prof. Dr. EMIL ABDERHALDEN

[1930]

Berlin N 24  
Friedrichstraße 105b

URBAN & SCHWARZENBERG

Wien I  
Mahlerstraße 4

2

# Phonographische Methoden.

Von E. M. v. Hornbostel, Berlin-Steglitz.

## I. Methoden und Apparate.

Phonographisch heißen Methoden, die erlauben, Schallwellen nicht nur aufzuzeichnen, sondern die Aufzeichnung auch wieder in Schall zurückzuverwandeln. Nach der Art der Aufnahme scheiden sich die Verfahren in solche mit mechanischer, elektromagnetischer und optischer Registrierung. Die Verfahren mit elektrochemischer Aufzeichnung kommen, als praktisch bisher belanglos, hier nicht in Betracht.

1. Bei den mechanischen Methoden werden die Luftschwingungen einer dünnen, möglichst stark gedämpften Membran mitgeteilt und von einem mit dieser verbundenen Schreibstift in eine an ihm vorbei wandernde halbweiche Masse eingegraben. Bei der Wiedergabe folgt der Stift der eingegrabenen Schallkurve, die Membran macht die Bewegungen des Stiftes mit und gibt ihre Schwingungen, die der Schallkurve genau entsprechen, an die Luft ab.

Zwei Methoden, oft verwechselt, müssen hier auseinandergehalten werden. Der Schreibstift des Phonographen (*Edison* 1877) gräbt die Schwingungen in die Wachsmasse senkrecht zu deren Oberfläche, der Stift des Grammophons (*Berliner*<sup>1</sup>) zeichnet die Kurve in der Ebene der Unterlage. Die Kurve der *Edison*-Schrift wird erst am senkrechten Durchschnitt durch die Walze (oder Platte) sichtbar, die der *Berliner*-Schrift zeigt sich unmittelbar. Neben diesem wesentlichen treten alle anderen Unterschiede beider Verfahren zurück. So ist es nicht kennzeichnend für den Phonographen, daß sich die Schrift in einer räumlichen Schraubenlinie um die Mantelfläche des Zylinders legt, während sie auf der Grammophonplatte als Spirale von außen nach innen läuft. Denn der Wiener Archivphonograph schreibt, wie die Apparate der Firma *Pathé*, *Edison*-Schrift auf Platten. Und ob die Grammophonnadel den dünnen Wachsüberzug einer Metallplatte ritzt und die Kurve, wie bei einer Radierung, später durch Ätzen vertieft wird, oder, wie es jetzt üblich ist, von vorn-

<sup>1</sup>) Elektr. Zeitschr. 19. 614 (1898).

herein als tiefe Rille sich der Wachsplatte eingräbt, ist für das Endresultat nicht entscheidend. Einen Plattenapparat, mit dem beliebig in *Edison*-, *Berliner*- oder einer zwischen beiden die Mitte haltenden („*Marathon*“-) Schrift aufgenommen werden kann, hat der Berliner Ingenieur *Reko* konstruiert. Dem äußeren Unterschied von Walze und Platte entspricht noch ein durch die Mechanik der Aufnahme bedingter Unterschied der Schallkurve: Der Schreibstift des Phonographen schiebt sich an der Seite des Zylindermantels, parallel der Achse mit gleichförmiger Geschwindigkeit entlang; konstante Umdrehungsgeschwindigkeit des Zylinders vorausgesetzt, wird eine Schwingung sich mit gleichbleibendem Abszissenmaßstab abbilden. Schiebt sich der Schreibstift eines Plattenapparates dagegen ebenfalls mit gleichförmiger Geschwindigkeit am Radius der Platte entlang von außen nach innen, so nimmt bei konstanter Tourenzahl die Bogengeschwindigkeit von außen nach innen kontinuierlich ab, und mit ihr verkleinert sich der Abszissenmaßstab der Schwingungskurve. Für die Güte der Wiedergabe ist diese Verkleinerung der Aufzeichnung übrigens nicht von Belang, nur darf sie eine gewisse Grenze nicht unterschreiten. Die Schallkurve muß sich darum auf den äußeren Teil der Platte — etwa zwei Drittel — beschränken, der Flächenraum kann nicht so vollständig ausgenutzt werden wie bei der Walze. Die Dauer der Walzenaufnahme kann auf drei Arten verlängert werden: durch niedrigere Tourenzahl, längere Zylinder und kleinere Ganghöhe der Schraubelinie. Alle drei Maßnahmen sind bei den sogenannten Diktierapparaten (Parlograph *Lindström* usw.) vorgesehen, die sich daher für besondere Zwecke empfehlen, bei denen es auf langdauernde Aufnahmen oder die Vereinigung mehrerer Einzelaufnahmen auf einem Phonogramm ankommt. Doch leidet unter der Herabsetzung der Rotationsgeschwindigkeit die Lautstärke, und die Abweichung vom normalen, international eingeführten Walzenformat und der normalen Ganghöhe der Schraube verbietet sich, wo der Aufnehmende sich nicht an eine individuelle Apparatentype binden will oder kann: also für Forschungsreisende, die Ersatzteile oder Blankwalzen oft aus der nächsten erreichbaren Niederlage beziehen müssen, für Sammlungen, die mit anderen in Tauschverkehr treten wollen usw. Um der Mühe des Aufziehens zu überheben, ist bei manchen Phonographen, besonders Diktierapparaten, statt des Uhrwerkes elektrischer Antrieb vorgesehen. Doch ist, trotz der Verbesserung der Konstanz der Umdrehungen, das Uhrwerk immer noch zuverlässiger. Auch ist die Unabhängigkeit von der Stromquelle immer ein Vorteil und oft unerlässlich.

An sich ist die *Berliner*-Schrift der *Edison*-Schrift nicht überlegen, es kommt alles auf die Aufnahmetechnik und besonders auf die Membranen an. Die industriell geübte Technik der Grammophon-

aufnahmen ist heute noch erheblich umständlicher als die des Walzenphonographen, erfordert unhandliche und schwer transportable Vorrichtungen, wird in Einzelheiten von den Fabriken geheim gehalten und ist deshalb für Private und Laboratorien nicht ausführbar. Wer also wissenschaftliche Aufnahmen nicht durch eine Schallplattenfabrik ausführen lassen will — wozu übrigens die betreffenden Firmen meist in entgegenkommender Weise bereit sind — wird mit *Edison*-Schrift arbeiten müssen und, da die Schwierigkeiten der galvanischen Reproduktion von Walzen, die die Konstruktion der Plattenphonographen veranlaßt hatten, behoben sind, zu einer der gangbaren Typen von Walzenapparaten greifen. Als solche kommen in erster Linie die Original-*Edisonschen* („Standard“ oder „Home“) und die der *Exzellior*-Werke in Köln-Nippes in Betracht. Die ersteren haben bessere Membranen und stärker gebaute, daher länger laufende Uhrwerke, die letzteren sind außerordentlich kompendiös und leicht (2,5 kg) und daher besonders für die Reise geeignet.

2. Eine elektromagnetische Methode ist das Prinzip des Telegraphons (*Poulsen*<sup>1</sup>). Ein Stahldraht, der an einem Elektromagneten vorbeiläuft, wird entsprechend den Schwingungen des Mikrofonkreises, in dem der Elektromagnet liegt, magnetisiert. Für die Wiedergabe wird das Mikrofon durch ein Telephon ersetzt.

Die Haltbarkeit der magnetischen Phonogramme ist anscheinend unbegrenzt. Um das Phonogramm auszulöschen, wird der Draht durch ein permanentes Magnetfeld gezogen. Bei den älteren Modellen des Telegraphons war der Draht in einer Schraubenlinie um einen Zylinder gelegt und mit diesem fest verbunden, der Elektromagnet wurde parallel der Zylinderachse entlang bewegt. Diese dem Walzenphonographen analoge Anordnung erlaubte also nicht, das Phonogramm vom Apparat zu lösen und aufzubewahren. Die neuen Modelle lassen, analog einem Telegraphenpapierband, den Draht sich von einer Spule ab- und auf eine zweite aufwickeln, geben also die Möglichkeit, ihn nach der Aufnahme durch neuen zu ersetzen und die Dauer der Aufnahme fast beliebig zu verlängern. Der Nachteil geringer Lautstärke läßt sich neuerdings durch Anwendung von Verstärkerröhren (Glühkathoden) beheben. Die Treue der Wiedergabe, die Möglichkeit der räumlichen Trennung des Apparates vom Mikrofon oder Telephon sind sehr bedeutende Vorzüge des Verfahrens vor dem mechanischen, auch für viele Aufgaben der wissenschaftlichen Phonographie. Leider ist das Telegraphon bisher nicht in größerem Maßstabe fabriziert worden und daher im Handel nicht erhältlich.

<sup>1</sup>) Ann. d. Phys. 3. 754 (1900).

3. Unter den zahlreichen Versuchen optischer Phonographie ist der nächstliegende Gedanke, von photographischen Schwingungskurven eine plastische Kopie in *Berliner*-Schrift herzustellen, bisher technisch undurchführbar geblieben. Kopien in Chromgelatine z. B. verzerren das Original und lassen es in Nebengeräuschen untergehen.

*Lifschitz*<sup>1)</sup> schneidet die eine Kurvenhälfte aus einem Celluloidfilm aus und bläst sie, nach dem Prinzip der Wellensirene, aus einem sehr schmalen Schlitz, vor dem sie sich unmittelbar vorbeibewegt, mit konstantem Druck an.

Eine zweite Gruppe von optischen Methoden benutzt einen den Schallschwingungen entsprechenden Wechsel der Helligkeit, mit der eine im Telephonkreise liegende Selenzelle beleuchtet wird. Die Schallkurve ist, wieder wie bei der Wellensirene, aus dem Rande eines undurchsichtigen Streifens herausgeschnitten oder sie ist als Silhouette auf einen Film photographiert, der an der spaltförmigen Lichtquelle vorbeigezogen wird. (Kreisförmigen Selenzellen wird die Form des Lichtbündels durch eine konvexe Zylinderlinse von kreisförmiger Begrenzung angepaßt<sup>2)</sup>).

Statt des silhouettenartigen Kurvenbildes kann man das Bild eines Spaltes, dessen Breite sich den Schallschwingungen entsprechend ändert, als abgeschattiertes, quergestreiftes Band auf dem bewegten Film festhalten. Der eine Spaltrand wird z. B. durch die Schärfe eines Plättchens (Rasierklinge) gebildet, das senkrecht auf einer Telephonmembran befestigt ist (*M. Siegbahn*<sup>3)</sup>). Oder man läßt die Lichtquelle selbst mit den Schallschwingungen in ihrer Helligkeit schwanken. So verwendet *Ruhmer*<sup>4)</sup> den sprechenden Lichtbogen, der die Stromschwankungen, die ihm durch einen Mikrophonkreis über einen Transformator aufgedrückt werden, mit Temperatur- und daher auch mit Helligkeitsschwankungen sehr genau beantwortet. Durch die Entdeckung der sprechenden Glühlampe<sup>5)</sup> wird eine nicht unbedeutende Vereinfachung der Apparatur möglich. *Hochstetter*<sup>6)</sup> legt in den Mikrophonkreis eine Induktionsspule, deren in der Längsachse durchbohrter Eisenkern ein stark bleihaltiges Glas umschließt. Den Stromschwankungen entsprechend dreht sich die Polarisationssebene eines Lichtstrahles, der durch ein Nicol in die Spule und bei seinem Austritt durch ein

<sup>1)</sup> Journ. d. Russ. phys.-chem. Ges. **42**. phys. Teil, 210 (1910); Journ. de Phys. (5.) **1**. 565 (1911).

<sup>2)</sup> *E. Jaensch*: Zeitschr. f. Sinnesphysiol. **47**. 219 (1913).

<sup>3)</sup> Ann. d. Phys. (4.) **42**. 689 (1913).

<sup>4)</sup> Phys. Zeitschr. **2**. 325 (1901); Elektrot. Zeitschr. **22**. 196 (1901); Mechan. **9**. 18 und 29 (1901); Ann. d. Phys. **11**. 872 (1903).

<sup>5)</sup> *K. Ort* und *J. Rieger*: Phys. Zeitschr. **13**. 561 (1912).

<sup>6)</sup> Mechan. **14**. 259 (1908).

zweites, quergestelltes Nicol geht, das daher im Rhythmus der Schwingungen genau nach ihrer Amplitude abgestufte Lichtmengen durchläßt. Das allen diesen photophonographischen Methoden gemeinsame Hilfsmittel der Reproduktion, die Selenzelle, besitzt eine gewisse Trägheit der Reaktion, die in neueren Fabrikaten zwar schon sehr herabgedrückt, aber noch nicht behoben ist: die Grenze der Frequenzen, bis zu welchen die Widerstandsänderungen der Zelle dem Belichtungswechsel folgen, liegt noch weit innerhalb des Bereiches hörbarer Schwingungen. Hohe Töne werden daher bei der Wiedergabe des Photophonogramms gegenüber tieferen benachteiligt, und da hiervon auch die Teiltöne eines Klanges betroffen werden, müssen unter Umständen Veränderungen der Klangfarbe eintreten. Eine Verbesserung ist durch Verwendung photo-elektrischer Zellen möglich, aber auch diese versagen bei Frequenzen über 4000 v. d. Am schwierigsten zu vermeiden sind die Verzerrungen der Klangkurve durch die elastischen Eigenschwingungen der Membranen. Dem Idealfall maximaler Dämpfung nähern sich Hitzdrahttelephone an, am meisten das von *Arnold* und *Crandall* konstruierte „Thermophon“<sup>1)</sup>. *Köhler*<sup>2)</sup> ist es gelungen, die Telephonmembran ganz auszuschalten, indem er Eisenspäne mit Leim unmittelbar auf das Trommelfell brachte und einen kleinen Elektromagneten in den Gehörgang einführte. Noch bedenklichere Verzerrungen als durch die Membranen erleiden die Schwingungen, wie *Wätzmann*<sup>3)</sup> gezeigt hat, im Mikrophon, infolge der Änderung seines Widerstandes bei Erregung gegenüber dem Ruhewiderstand. Möglicherweise läßt sich diese Fehlerquelle einschränken oder beseitigen durch Verwendung eines singenden Lichtbogens, der, wie als telephonischer Empfänger, auch umgekehrt als mikrophonischer Geber wirkt, und dessen Flammenhülle eine Membran von sehr hoher Dämpfung darstellt.

Die elektromagnetischen und photophonographischen Methoden sind, zumal mit Verbesserungen in den angedeuteten Richtungen, den mechanischen so sehr überlegen, daß ihnen zweifellos die Zukunft gehört. Gegenwärtig erfordern sie indessen noch so umständliche und kostspielige Einrichtungen, daß ihre Verwendbarkeit auf das Laboratorium und besondere Aufgaben der Untersuchung beschränkt bleibt. Unter den mechanischen Verfahren aber verdient noch immer das älteste, *Edisonsche*, den Vorzug wegen seiner Einfachheit, Billigkeit und auch für wissenschaftliche Untersuchungen meist ausreichenden Genauigkeit der Aufnahme und Wiedergabe. Nur seine Technik soll daher im folgenden ausführlich dargestellt werden.

<sup>1)</sup> Phys. Rev. (2.) 10. 22 (1917).

<sup>2)</sup> *Elster-Geitel-Festschr.* 225 (1915).

<sup>3)</sup> Ann. d. Phys. (4.) 42. 729 (1912); Phys. Zeitschr. 15. 638 (1914).

## II. Das Aufnahmeverfahren.

Die Aufnahme sollte stets im geschlossenen Raum vorgenommen werden, der unbedingt frei von Nachhall und Widerhall sein muß. Ist Aufnahme im Freien unvermeidlich, so Sorge man wenigstens für Schutz vor Feuchtigkeit, Staub und Wind.

Der Apparat ist auf einer stabilen, nicht resonierenden Unterlage in bequemer Höhe aufzustellen: einem Tisch ohne Schubfach, einer vollgepackten Kiste, einem in seiner Höhe verstellbaren Tischstativ<sup>1)</sup>, und während der Aufnahme nicht zu verrücken. Aufnahmen aus freier Hand sind bei großer Vorsicht möglich, man darf aber nie vergessen, daß der Phonograph keine Camera ist und kein phonographisches Verfahren improvisierte oder gar heimliche „Momentaufnahmen“ erlaubt.

Die Qualität des Phonogramms hängt sehr wesentlich von der Aufnahmemembran ab. Die käuflichen, namentlich die *Edison-Recorder*, genügen in den meisten Fällen auch hohen Anforderungen. Es empfiehlt sich aber, immer eine Anzahl Membranen in der Reserve und womöglich verschiedene zur Auswahl zu haben. Die Membran muß empfindlich und möglichst stark gedämpft sein. Material und Dicke des Diaphragmas ist je nach der Aufgabe verschieden zu wählen. Nach *Wiersch*<sup>2)</sup> geben nur dicke Membranen mit hohen Eigentönen auch die Reibelaute (f, s, vorderes ch) wieder.

*Kreidel* und *Regen*<sup>3)</sup> konnten dagegen mit Elfenbeindiaphragmen von 0·4 und 0·3 und einer Glasmembran von 0·25 mm Dicke noch Töne von 11.000 v. d. aufnehmen. Auch dünne harte Holzplättchen, besonders aus Traubeneiche oder Ebenholz, haben sich für Sprach- und Gesangsaufnahmen jeder Lautstärke vorzüglich bewährt und geben auch die sonst verschwindenden Frikativen wieder<sup>4)</sup>. Sehr leise (z. B. Kinder-) Sprache kann mit ganz dünnen Glasmembranen noch aufgenommen werden. Sollen an den Phonogrammen Klanganalysen vorgenommen werden, so ist es unerlässlich, vorher die Eigentöne der Membran — auch der Wiedergabe — zu bestimmen.

Die besten Schalltrichter sind einfach kegelförmige oder geschweifte aus glattem Aluminium. Auch Papptrichter sind gut verwendbar; die Hauptsache ist, daß das Material glatt und der Öffnungswinkel nicht zu klein ist. Die bei Diktierphonographen üblichen Schläuche mit engem Schallbecher wird man darum nur in besonderen Fällen wählen. Große Trichter und Trichter-

<sup>1)</sup> *R. Pöch*: Sitzungsber. d. Wiener Akad. d. Wiss. Math.-naturw. Klasse. Abt. II. **126**. 3 (1917).

<sup>2)</sup> *Ann. d. Phys.* (4.) **17**. 999 (1905).

<sup>3)</sup> Sitzungsber. d. Wiener Akad. d. Wiss. Math.-naturw. Klasse. Abt. III. **114**. 57 (1905).

<sup>4)</sup> *Pöch*: ebenda. **121**. Abt. II a. 1875 (1912).

paare, die durch ein Gabelrohr und Schlauchstücke mit der Membran verbunden werden, können nicht auf den Apparat selbst aufgesetzt werden, sondern sind an einem besonderen Gestell oder Stativ frei beweglich aufzuhängen.

Sind Membran und Trichter aufgesetzt, so bringt man zunächst eine Blankwalze auf den Konus des Apparates. Dabei sind folgende Handgriffe praktisch: *Edison*-Blanks sind nicht in wattierten Schachteln verpackt, sondern in Watte und Ölpapier eingewickelt; man hält die Walze, durch leichten Druck von außen auf die Wand der geöffneten Schachtel, zurück, holt den in das Walzeninnere eingeschlagenen Teil der Umhüllung heraus und streift ihn wie einen Handschuh über den Schachtelrand nach außen. Indem man Zeige- und Mittelfinger in den Hohlzylinder einführt und dann auseinanderspreizt, kann man nun die Walze — deren Oberfläche nie berührt werden darf — aus der Schachtel herausziehen (man steckt sie später ebenso wieder hinein), ohne die Umhüllung in Unordnung zu bringen. Man schiebt die Walze, mit dem weiteren Ende der (konischen) Öffnung voran, auf den Konus des Apparates und sorgt durch sanftes Nachdrücken dafür, daß sie fest genug sitzt, um auch bei der Aufnahme nicht abzurutschen — zu starker Druck kann die Walze leicht zersprengen. Die Blankwalze soll spiegelglatt sein. Ist sie zu wiederholter Benutzung abgehobelt worden, so muß man sich überzeugen, daß sie nicht zu dünn geworden ist: der Saphir muß tiefe Rillen schneiden. Auch darf die Masse nicht zu hart und spröde sein. Bei guten Walzen (wie *Edison*-Blanks) erfolgt das Schneiden fast geräuschlos, die Späne sind ganz fein und rollen sich sofort zu Spirallocken zusammen.

Das Uhrwerk ist vor jeder Aufnahme ganz aufzuziehen, damit die Umdrehungsgeschwindigkeit nicht während der Aufnahme nachläßt. Dies ist besonders bei den kleinen, leicht gebauten Exzelsiortypen notwendig. Man läßt das Uhrwerk gewöhnlich mit mittlerer Geschwindigkeit — 60 bis 70 Touren pro Minute — laufen und stellt — durch Lockern der Bremsschraube — nur dann auf höhere Tourenzahl ein, wenn der aufzunehmende Schall sehr leise, sehr hoch oder das Tempo sehr schnell ist; man kann dann die Wiedergabe bei der Untersuchung verlangsamen und damit zugleich vertiefen.

Der Mund des Sprechers oder Sängers, der Schallkörper des Instrumentes ist möglichst dicht vor den Trichter zu bringen, ohne ihn zu berühren, die Schallrichtung soll in die Achse des Trichters fallen, nicht auf seine Wand treffen. Neben oder hinter dem Trichter erzeugter Schall geht für die Aufnahme verloren. Bei künstlichen Schallquellen, wie Musikinstrumenten, muß man überlegen, von welchem Teil der Schall an die Luft übertragen wird, und diesen vor, eventuell auch (bei

Flöten z. B.) in den Trichter bringen. Zur gleichzeitigen Aufnahme mehrerer Schallquellen — bei Zwiegesang, Sängern, die sich selbst auf einem Instrument begleiten, Chor, Orchester usw. — verwendet man große Trichter, eventuell Trichterpaare mit Gabelrohr. Gesangbegleitung durch rhythmische Schläge (Trommel) können sehr gut phonographiert werden, indem der Sänger selbst mit einem Stöckchen (Bleistift) auf den Boden einer leeren Walzenschachtel klopft, die er vor sein Kinn hält. Kann der Sänger die als beste erprobte Kopfhaltung nicht ruhig beibehalten, sondern wackelt er hin und her, so ist es besser, ihm vor einem größeren Trichter Spielraum zu geben, als ihn in seiner Bewegungsfreiheit zu behindern. Überhaupt ist bequeme und natürliche Haltung Voraussetzung für die Naturtreue auch des akustischen Porträts und bei der Auswahl der Individuen wird man nicht nur auf die Stimmittel, die musikalische oder oratorische Begabung, sondern auch auf das Verhalten vor dem Apparat zu achten haben. Für Tieraufnahmen bringt man die Öffnung eines sehr großen Trichters unmittelbar vor den — möglichst kleinen — Käfig; kleine Arten können auch im Trichter selbst untergebracht werden, der dann durch eine Glasplatte abgeschlossen wird. Auf diese Weise haben *Kreidl* und *Regen*<sup>1)</sup> das Stridulationsgeräusch von Grillen phonographiert. (Um sie zum Zirpen zu veranlassen, wurden zwei Männchen zusammengebracht, die alsbald unter lebhaftem Gezirp miteinander kämpften.)

Ist so alles zur Aufnahme vorbereitet, so prüft man noch einmal die Zweckmäßigkeit der Anordnung, die Stellung und das Verhalten des Sprechers oder Sängers, die Stärke seiner Stimmgebung, die Länge des aufzunehmenden Stückes usw. durch eine „blinde“ Aufnahme, indem man das Uhrwerk laufen läßt, ohne die Membran auf die Walze zu senken.

Bei der Aufnahme selbst läßt man einen etwa fingerbreiten Rand am Anfang der Walze unbespielt, weil dieser Teil bei der galvanischen Reproduktion leicht verloren geht.

Nach Ingangsetzen des Apparates ist zuerst volle Umdrehungsgeschwindigkeit abzuwarten, d a n n e r s t die Membran zu senken, dann Nummer und Titel der Aufnahme hineinzusprechen. Beginnt die Aufnahme schon während des Anlaufens, so werden die einzelnen Schwingungen erst eng beisammen aufgezeichnet, mit der Beschleunigung dann mehr und mehr auseinandergezogen; bei der gleichförmigen Geschwindigkeit der Wiedergabe wird daher die Tonhöhe in einem kontinuierlichen Glissando aus der Höhe bis zur normalen Lage sinken.

Auch am Ende der Walze bleibt ein schmaler Streifen zunächst frei. Hier wird nachträglich das Normal-a<sub>1</sub> (= 435 v. d.)

<sup>1)</sup> A. a. O.

eines Stimpfpfeifchens aufgenommen — nachträglich, weil bei Gesangsaufnahmen die Vorgabe eines Tones erfahrungsgemäß die Intonation des Sängers beeinflußt. Durch Wiedereinstellung auf den Normalton kann bei der Wiedergabe auf die einfachste Weise die Originalgeschwindigkeit der Aufnahme genau reproduziert werden.

Man reinigt die Walze von Wachsspänen, indem man sie rotieren läßt und mit einem Wattebausch an ihr entlang fährt, nicht aber durch Abblasen, damit sich keine Feuchtigkeit auf der Oberfläche niederschlägt. Der Saphir dagegen wird abgeblasen, gelegentlich auch mit Watte und ein paar Tropfen Benzin sehr vorsichtig abgetupft.

Jede Aufnahme wird sofort probeweise einmal ganz wiedergegeben — Austauschen der Membranen nicht vergessen! —, später aber bis zum Galvanisieren möglichst geschont.

Man entfernt die Walze vom Konus des Apparates, indem man sie durch vorsichtiges Anschieben am „weiteren“ Ende (wo die Schrift beginnt) lockert und auf Zeige- und Mittelfinger der anderen Hand gleiten läßt, stellt sie in die Schachtel zurück und notiert auf diese Nummer und Titel. Falls vergessen worden ist, die Bezeichnung gesprochen mit aufzunehmen, kann man sie am „engen“ Ende der Walze (wo die Schrift aufhört) in den schmalen Rand — nicht auf die Oberfläche! — mit erwärmter Nadel einkratzen.

Soll die Aufnahme auf einer anderen Walze fortgesetzt werden, so ist es vorteilhaft, wenn Ende und Anfang der beiden Aufnahmen etwas überlappen. Hat man zwei Apparate zur Verfügung, so kann man sie neben- oder hintereinander aufstellen und abwechselnd betreiben, Unterbrechungen auch wohl ganz vermeiden durch Verwendung eines einzigen — frei beweglich aufgehängten — Trichters, den man durch ein Gabelrohr und längere Schlauchstücke mit den beiden Membranen verbindet. Auch hierbei wird der zweite Apparat bereits in Gang gesetzt, ehe die erste Walze ganz bespielt ist.

Nach Beendigung der Aufnahme müssen alle offen liegenden Teile des Apparates sorgfältig von Wachsspänen gesäubert werden. Das Uhrwerk läßt man allemal, wenn der Phonograph außer Gebrauch gesetzt wird, ganz ablaufen.

Gelegentlich ist die Maschine zu schmieren, und zwar werden das Uhrwerk, die Achsenlager, die Schraube, durch die die Membran geführt wird, geölt, an letzterer altes Öl vorher mit Benzin oder Terpentin entfernt. Einfetten des Konus ist zu vermeiden. Nach dem Ölen soll der Apparat eine kurze Zeit laufen.

Bespielte Walzen, die man nicht aufheben will, kann man durch Abhobeln wieder gebrauchsfähig machen. Das Messer muß in einem Träger so befestigt sein, daß es der Walze genähert und

dann in der passenden Stellung durch eine Schraube festgehalten werden kann; der Träger gleitet in einer Schiene und wird parallel der Walzenachse — von Hand oder mit Trieb — verschoben. Es ist nicht zweckmäßig, den Aufnahmeapparat selbst als Drehbank zu benutzen, das Uhrwerk wird zu sehr beansprucht und der Apparat durch die Späne zu sehr verunreinigt. Manche älteren *Edison*-Typen sind mit einem Hobel versehen, den man aber vor der Aufnahme oder Wiedergabe besser ganz entfernt, da er eine beständige Gefahr für die Walze bildet. Ist die phonographische Inschrift nicht zu kräftig, so kann man die Walze auch, statt sie abzuhobeln, während sie rotiert mit einem Wattebausch und Xylol abreiben und so die Oberfläche durch Lösung des Wachses glätten.

### III. Das Wiedergabeverfahren.

Auch für die Güte der Wiedergabe ist in erster Linie die Qualität der Membran entscheidend. Für besonders laute und schrille Aufnahmen wird an Stelle des gewöhnlichen Glasdiaphragmas ein solches aus Elfenbein empfohlen<sup>1)</sup>. Für Demonstrationszwecke eignen sich die im Handel befindlichen laut sprechenden Membranen, man vermeidet sie aber besser für die gewöhnliche Wiedergabe, da sie schwer gebaut sind und das Phonogramm stark beanspruchen.

Man hüte sich vor Verwechslung der Aufnahme- und Wiedergabemembran! Sie sind äußerlich leicht kenntlich: die Wiedergabe („Reproducer“) hat einen runden Glasstift, die Aufnahme („Recorder“) einen scharfkantigen Saphirstift.

Zu Probewiedergaben und Demonstrationen verwendet man Trichter gleicher Art wie bei der Aufnahme, zur genaueren Untersuchung des Phonogramms dagegen Hörschläuche. Von der Membran führt ein Schlauch von etwa 0,5 m Länge zu einem Y-Rohr, von diesem gehen zwei etwas kürzere Schläuche zu den Ohren. Die Schläuche dürfen, um nicht zu viel Schall zu absorbieren, nicht zu eng — 8 bis 12 mm Lumen — und, um nicht einzuknicken, nicht zu weich und dünnwandig sein. Die Schlauchenden sind meist mit Röhrchen oder Oliven versehen, die in den Gehörgang eingeführt werden. Am besten sind Oliven aus Palisanderholz, von denen man der Größe nach abgestufte Serien vorrätig halten sollte, um immer ein genau passendes Paar wählen zu können. Die individuelle Weite des Gehörganges schwankt außerordentlich, und schlecht sitzende Oliven sind für den Träger eine Qual.

Auch die Bohrung der Oliven soll möglichst weit sein. Die äußeren Enden werden zu Rohrstützen ausgebildet, die dem Lumen der Schläuche entsprechen und diese durch eine oder mehrere

<sup>1)</sup> *Pösch*: Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien. Math.-naturw. Klasse. Abt. II a. 121. 1875 (1912).

Kerben am Abrutschen verhindern. Um das Schlauchgewicht zu tragen, empfiehlt sich ein Kopfbügel, wie er bei Fernhörern üblich ist. Dieser muß in der Weite verstellbar sein, darf aber nur schwach federn, denn jeder stärkere Druck der Oliven auf die Gehörgangswände ist auf die Dauer unerträglich. (Darum ist auch vor den üblichen Stethoskophörern zu warnen, die viel zu stark federn, übrigens auch ein viel zu kleines Lumen haben.) Den Oliven sehr vorzuziehen sind Hörmuscheln aus trichterförmigen Schallbechern, deren Ränder mit einem weichen, luftkissenartigen Gummiring überzogen sind. Sie müssen so groß sein, daß sie sich über die ganze Ohrmuschel legen und unmittelbar an den Schädel anschmiegen.

Zur Abschwächung der Nebengeräusche schaltet man zwischen Membran und Hörschlauch ein etwa 5 cm langes Metallrohr ein, das an der Seite einen elliptischen oder spitzovalen Ausschnitt — die kürzere Achse in der Längsrichtung des Rohres — hat. Ein über das Rohr geschobener Mantel — ein Dreiviertelring aus Blech — gestattet, durch Drehung das Loch beliebig weit zu öffnen oder auch ganz zu verschließen, je nach der gewünschten Lautstärke. Bei allzu schrillen Aufnahmen kann man auch den Schlauch mit einem Quetschhahn oder einem Wattebausch teilweise verschließen. Eine weitgehende Reinigung von Nebengeräuschen erzielt *Mc Kendrick*<sup>1)</sup>, indem er in die Leitung ein langes, mit getrockneten Erbsen und granuliertem Zink gefülltes Bleirohr einschaltet: die Zwischenräume zwischen den Körnern wirken wie ein System von zahlreichen sehr kleinen Interferenzröhren, in denen die hohen Teiltöne, die das kratzende Nebengeräusch ergeben, vernichtet werden.

Die weiteren Handgriffe bei der Wiedergabe entsprechen denen bei der Aufnahme: Aufsetzen der Walze auf den Konus, vollständiges Aufziehen des Uhrwerkes, Einstellen der Originalgeschwindigkeit (und -tonhöhe) nach dem aufgenommenen Normalton.

Fast immer wird man bei der Untersuchung eines Phonogramms einzelne kürzere Stellen wiederholt abhören wollen. Beim Wiener Archivphonographen<sup>2)</sup> und bei manchen Diktierapparaten ist hierfür eine eigene Repetiervorrichtung vorgesehen. Bei den gewöhnlichen Apparatentypen hebt man einfach mit der Hand die Membran aus der Führung und von der Walze und führt sie in der Luft um die gewünschte Strecke zurück. Das Wiederauffinden einer bestimmten Stelle des Phonogramms wird sehr erleichtert durch eine Skala — ähnlich dem „Tabulator“ der Schreibmaschine —, an der man die jeweilige Stellung der Membran ablesen kann. Man kann sie auch, was in vielen Fällen sehr bequem ist, ersetzen (oder

<sup>1)</sup> Nature. 86. 244 (1911).

<sup>2)</sup> Pösch: Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien. Math.-naturw. Klasse. Abt. II a. 122. 1259 (1913).

überdecken) durch einen mit Klebewachs befestigten Streifen von glattem Schreibpapier, auf dem man die für die betreffende Aufnahme charakteristischen Einschnitte mit der Feder anzeichnet. Man muß nur dafür sorgen, daß der Anfang des Streifens immer genau an dieselbe Stelle des Apparates kommt (und daß die Walze immer gut auf den Konus aufgeschoben ist), und kann dann den Streifen, auf dem man eventuell die Bedeutung der Marken notiert, mit der Walze aufbewahren und jederzeit wieder verwenden.

Um einen einzelnen Ton des Phonogramms, wie es zur Messung der Tonhöhe nötig ist<sup>1)</sup>, isoliert und fortdauernd erklingen zu lassen, muß der Stift der Membran die Walze berühren, die fortschreitende seitliche Verschiebung aber durch Ausschalten der Führung verhindert werden. Man erreicht dies, indem man die Membran mit der Hand halbhoch aufhebt und in dieser Lage festhält. An *Edison*-Apparaten kann man auch den Membranträger durch ein untergeschobenes Klötzchen o. dgl. in der passenden Höhe festhalten. Oder man richtet den Träger der führenden Schraubenmutter so ein, daß er in die Höhe geklappt werden kann; es muß dann über der Schraubenmutter ein kleines Gewicht (Bleiplättchen) angebracht werden, das die Mutter für gewöhnlich auf die Schraube drückt. Das Abheben der Mutter kann statt von Hand auch durch einen Hebel oder pneumatisch durch einen Gummiball und dann mit dem Fuß geschehen; solche Pedale sind an manchen Diktiermaschinen — aber zur vollständigen Unterbrechung — vorgesehen. Durch das beschriebene Verfahren wird die phonographische Glyphe sehr geschädigt und nach kurzer Zeit vollständig unbrauchbar, da der Stift nicht wie sonst in der Mitte der Furche gleitet, sondern ihre Seitenwände abschleift, endlich über den Kamm zurückspringt. Man sollte deshalb nie Originale, sondern nur Kopien, die man jederzeit ersetzen kann, für Dauerrepetitionen benutzen.

Eine Verstärkung der phonographischen Wiedergabe läßt sich auf verschiedene Weise erzielen, am einfachsten durch große Membranen und Belastung der Schalldose, deren Gewicht den Stift auf die Walze drückt; schon die gewöhnlichen *Edison*-Reproducer, an denen ein besonderes Gewicht angebracht ist, verstärken meist etwas gegenüber dem aufgenommenen Original. Das *Auxetophon*, ein für das Grammophon ersonnenes mechanisches (pneumatisches) Relais, ließe sich auch an den Phonographen anpassen. Das Prinzip der Einrichtung ist dieses: die schwingende Membran schiebt eine gitterförmig durchbrochene Platte über einem zweiten eben-solehen Gitter, dessen Löcher, in der Ruhe verschlossen, dem Rhythmus und den Amplituden der Membranschwingung entsprechend mehr oder weniger geöffnet werden und so einem stark komprimierten Gas den Austritt aus einer Kammer freigeben.

<sup>1)</sup> *Abraham* und *v. Hornbostel*: *Sammelbd. d. Int. Mus.-Ges.* 11. 19 (1909).

Es entsteht sozusagen eine nach dem Verlauf der Schwingungskurve geregelte Serie von Explosionen. Auch Glühkathodenröhren ließen sich für die Verstärkung von Phonogrammen nutzbar machen, wenn man die Schalldose zu einem Telephon ausbilden würde. Endlich hat *Le Roy*<sup>1)</sup> ein Verfahren angegeben, das Phonogramm selbst zu vergrößern, indem von der Originalaufnahme ein Abdruck in einer leicht quellbaren Substanz — einer konzentrierten Lösung von Gelatine in Wasser oder von vulkanisiertem Kautschuk in Schwefelkohlenstoff oder Chloroform — gemacht, und die nach dem Quellen gehärtete Platte — für Walzen scheint das Verfahren noch nicht erprobt zu sein — galvanoplastisch vervielfältigt wird. Eine mechanisch vergrößerte Kopie erhält man, indem man einen Wiedergabe- und einen Aufnahmestift durch einen Winkelhebel in der Art eines Pantographen verbindet und das Phonogramm auf eine mit der Originalwalze parallel laufende Blankwalze überträgt. Die grobe mechanische Leistung, die bei diesem Verfahren der Glyphe zugemutet wird, schädigt indes nicht nur das Original, sondern gibt auch wenig getreue und stark durch Nebengeräusche verhüllte Abdrücke. Überhaupt darf man nicht vergessen, daß bei jedem Verfahren zur Steigerung der Lautstärke auch die Fehler des Originals, die Nebengeräusche vor allem, mit verstärkt werden. Andererseits ermöglicht aber die nachträgliche Verstärkung, sich bei der Originalaufnahme mit zarteren Registrierungen, die weniger Nebengeräusche liefern, zu begnügen.

Die phonographischen Kurven eignen sich auch zur optischen Untersuchung und haben dabei vor direkt graphisch oder photographisch aufgezeichneten Kurven den Vorzug, auch akustisch kontrollierbar zu sein. Schon die mikroskopische Untersuchung der Glyphe, die durch Graphitieren der Walze besser sichtbar wird, erlaubt, die Ordinatenhöhen der Schwingungskurve aus der Breite der Eindrücke, die zu ihnen in gesetzmäßiger Beziehung steht, wenigstens annähernd zu berechnen<sup>2)</sup>. Die mechanische Übertragung der Glyphe auf ein Kymographion durch mit dem Wiedergabestift verbundene Schreibhebel wurde am *Edison-Phonographen* schon 1878<sup>3)</sup>, später am *Grammophon*<sup>4)</sup> und zuletzt noch am *Wiener Archivphonographen*<sup>5)</sup> versucht.

Diese Methode, bei der verhältnismäßig große Massen in Bewegung gesetzt werden müssen, liefert zu ungenaue Ergebnisse, um für feinere, namentlich sprachphysiologische, Untersuchungen

<sup>1)</sup> *Compt. rend.* **158.** 175 (1914).

<sup>2)</sup> *Boeke: Arch. f. d. ges. Physiol.* **50.** 297 (1891).

<sup>3)</sup> *Jenkin and Ewing: Nature.* **17.** 384; **18.** 340, 394 (1878) u. v. a.

<sup>4)</sup> *Scripture: Amer. Journ. f. Science.* **15.** (1903).

<sup>5)</sup> *Hauser: Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien. Math.-naturw. Klasse. Abt. II a.* **117.** 143 (1908); *Bendorf und Pöch: ebenda.* **120.** 1811 (1911).

verwendbar zu sein. Eine wesentliche Verbesserung hat sie durch *Hermann*<sup>1)</sup> erfahren, der den mechanischen Schreibhebel durch einen gewichtlosen Lichthebel ersetzte, indem er die Bewegung des Wiedergabestiftes auf ein Spiegelchen übertrug. Allen Methoden aber, die mechanische Phonogramme benutzen, haftet ein grundsätzlicher Fehler an: der Wiedergabestift muß, um das Phonogramm nicht zu zerstören, r u n d sein und tastet daher die Glyphe nicht mit einem Punkt, sondern mit einer gekrümmten Fläche ab; selbst wenn das Krümmungsmaß dieser Fläche, soweit sie die Furche berührt, konstant ist — bei der Kleinheit der Masse eine sehr schwer zu erfüllende Forderung —, so kann der Stift der vorgezeichneten Kurve doch nie mit absoluter Treue folgen, und die Wiedergabe ist notwendigerweise immer schlechter als die Aufnahme<sup>2)</sup>. Bei *Berliner*-Schrift, die mit spitzer Nadel wiedergegeben wird, tritt dieser Fehler zurück, doch wird die Anwendung der *Hermanns*chen Methode beim Grammophon durch die diesem eigentümliche Führung der Schalldose technisch sehr erschwert. Die ideale Lösung ist auch hier nur von einer photophonographischen Methode zu erwarten.

#### IV. Technik der galvanoplastischen Vervielfältigung.

Die galvanoplastische Reproduktion des Originalphonogramms ist unerlässlich, wenn die Aufnahme in einem unvergänglichen Material aufbewahrt oder wenn sie vervielfältigt werden soll. Für wertvollere Aufnahmen ist sie aber in jedem Fall zu empfehlen. Es ist immer angenehm, ein zerbrochenes oder beschädigtes Phonogramm sofort ersetzen zu können und man muß sich gegenwärtig halten, daß die Lebensdauer einer Aufnahme, auch bei sorgfältigster Behandlung, nicht unbegrenzt ist. Durch häufige Wiedergabe, mehr noch durch das Repetierenlassen bei der Untersuchung einzelner Stellen (s. S. 430), leidet die Inschrift, Feinheiten gehen verloren, kratzende Nebengeräusche stellen sich ein und die abschleifende Wirkung des Stiftes kann schließlich auch die Klangfarben und Stärkeverhältnisse nicht unberührt lassen. Unter Umständen kann selbst von zerbrochenen und gekitteten Walzen noch ein brauchbarer Abguß hergestellt werden. Die Kopien stehen den Originalen im allmeinen an Lautstärke, Treue und Feinheit des Details, Freiheit von Nebengeräusch kaum nach. Nur bei sehr schwachen Aufnahmen und wo es auf zarteste Einzelheiten wesentlich ankommt, ist die galvanische Reproduktion vor der Untersuchung zu widerraten.

##### 1. Herstellung der Metallnegative.

Um die Walzenoberfläche leitend zu machen, wird feinstes, geschlemmtes, durch einen Leinenbeutel gesiebtes Graphit mit

<sup>1)</sup> Arch. f. d. ges. Physiol. 53. 1 (1892); 58. 255, 264 (1894).

<sup>2)</sup> *Benndorf*: A. a. O.

einem ganz feinen, weichen (Dachshaar-) Pinsel auf sie aufgetragen, bis sie in schräg auffallendem Licht vollkommen spiegelblank erscheint. Auf das Graphitieren ist äußerste Sorgfalt zu verwenden, denn von der Gleichmäßigkeit und Lückenlosigkeit des leitenden Überzuges hängt die Genauigkeit, mit der die Matritze den feinen Niveaudifferenzen der phonographischen Inschrift folgt, und damit die Treue und Geräuschfreiheit der Kopie ab. Man pinsle lieber zu lang als zu kurz; das Graphitieren einer Walze beansprucht auch bei großer Übung mehrere Minuten. Außer der Oberfläche ist auch der Rand der Walze an ihrem „engen“ Ende zu graphitieren. (Als „enges“ Ende wird dasjenige bezeichnet, an dem die — konische — Höhlung sich verjüngt, an dem zugleich die Schriftlinie aufhört. Das andere Ende, an dem die Schrift beginnt, soll dementsprechend „weites“ Ende heißen.)

Die Walze muß im Bade mit lotrechter Achse hängen, damit im Bade suspendierte Wachsteilchen und andere Verunreinigungen nicht auf ihre Oberfläche fallen und, dort haftend, in den Metallüberzug eingeschlossen werden. In Fig. 111 ist eine Aufhängevorrichtung dargestellt, die sich bewährt hat. Der an beiden Enden mit einem Schraubengewinde versehene Kupferstab 1 ist in den Hartgummiklotz 2 eingeschraubt, auf dem der Porzellanisolator 3 ruht, dessen Vorwölbung in das weite Ende der Walze mit einigem Spielraum hineinpaßt. Über diesem wird zunächst ein dünner Kupferdraht 4 so um den Stab 1 geschlungen, daß seine Enden frei nach außen stehen. Sie stellen die leitende Verbindung mit der graphitierten Oberfläche der Walze 5 her, deren oberes — weites — Ende durch einen zweiten Kupferdraht 6 mit dem Stab 1 verbunden, dann mit der Gummischeibe 7 bedeckt wird, die ein Hinein-

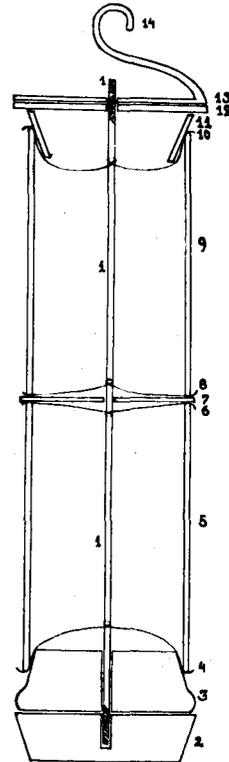


Fig. 111.

wachsen des elektrolytischen Niederschlages in das Walzeninnere verhindert und zugleich einer zweiten, von den Kupferdrähten 8 und 10 flankierten Walze 9 zur Unterlage dient. Diese zweite Walze steht auf ihrem weiten Ende und wird oben, an ihrem engen Ende, durch den Wachskonus 11 vor eindringendem Niederschlag geschützt. Der Konus endlich wird durch eine Isolierplatte 12 aus Celluloid oder Hartgummi verschlossen. Die Kupferplatte 13, die die Schraubenmutter zu dem Gewinde am oberen Ende des Stabes 1 bildet und in einen Haken 14 ausläuft, schließt den ganzen Aufbau zusammen, darf aber, um den Wachskonus 11 nicht zu zersprengen,

nur mit sanftem Druck aufgeschraubt werden. Die Länge des Stabes *I* richtet sich nach den Abmessungen der verwendeten Teile, von denen *7* bis *10* natürlich fortfallen, wenn man nur eine einzelne Walze galvanisieren will. Ist die ganze Vorrichtung fertig zusammengestellt, so werden die Enden der Drähte *4*, *6*, *8* und *10* kurz über der Walzenoberfläche abgeschnitten. (Das Übergießen der graphitierten Walze mit Alkohol unmittelbar vor dem Einhängen in das Bad, das oft empfohlen wird, um das Ansetzen von Luftbläschen zu verhindern, ist bei der geringen Tiefe der *Edison-Schrift* überflüssig.)

Die Bäder, zu denen man eine Lösung von 240 g Kupfervitriol und 15 g Schwefelsäure auf 1 l Wasser nimmt, werden in offenen rechteckigen Glas- oder Steinzeugtrögen hergerichtet. An die Dynamomaschine, die den Strom liefert, sind drei Kupferstäbe angeschlossen, die auf den Gefäßen liegen. An den mittleren — die Kathode — werden die Gestelle mit den Walzen, an die anderen die Kupferanoden gehängt, am besten Platten aus galvanisch niedergeschlagenem Kupfer, deren Gesamtoberfläche immer etwas größer sein muß als die zu galvanisierende. Die Spannung, die durch einen Widerstand reguliert und an einem parallelgeschalteten Voltmeter abgelesen wird, wird anfangs auf 0·5 Volt gehalten, so lange, bis die Walzen ganz von Kupfer bedeckt sind, dann auf 1 bis 1·5 Volt gesteigert. (Die Stromstärke soll dann etwa 3 bis 3·5 Amp. pro Walze betragen.) Größere Spannungen verursachen unregelmäßiges Wachsen des Niederschlages (Knospenbildung), besonders am Rande der Walze. Sobald der Kupferüberzug vollständig geschlossen ist, wird die Walze aus dem Bade gehoben und mit einer weichen Bürste von etwa abgesetzten Schmutzteilchen befreit. Man wiederholt diese Vorsichtsmaßregel noch ein-, zweimal während der 36 bis 48 Stunden, die die Walze im Bade bleibt. Nach längerer Benutzung müssen die Bäder auch durch ein Parchentfilter gegossen werden.

Nach beendeter Galvanisierung werden die Gestelle aus dem Bade gehoben, mit Wasser abgespült und auseinandergenommen. Nun werden die Kanten am weiten Ende der Walze vorsichtig abgefeilt, der Spalt zwischen Kupfer und Wachs mit der Messerspitze etwas vertieft, der ganze Zylinder in Wasser von über 50° C angewärmt und unmittelbar darauf in kaltes Wasser gestellt. Hier löst sich der Wachszyylinder, der schneller und stärker schrumpft, vom Metallmantel und kann dann leicht herausgebrochen, in glücklichen Fällen auch unverletzt herausgezogen werden. Um die Schriftfläche von zurückgebliebenen Wachsresten zu säubern, gießt man ein paar Tropfen Terpentin, Xylol, Petroleum oder Öl in das Innere des Metallzylinders und verreibt sie mit einem weichen Lappen, am besten, indem man mehrere Flecken wie die Scheiben des Farbkreisels (einen sogenannten „Schwabbel“) auf die schnell rotierende

Achse eines Motors oder der Drehbank aufschraubt und den darübergestülpten Zylinder parallel der Achse hin und her führt. Endlich trocknet man mit einem weichen Tuch nach.

Der dünne galvanische Nickelüberzug, der den Kupfermatrizen von Platten gewöhnlich gegeben wird, ist für Walzen nicht zu empfehlen. Das Kleben der Gußmasse am Negativ, das er verhindern soll, läßt sich durch die Zusammensetzung der Masse vermeiden und die leichte Oxydationsschicht (Anlauffarben), mit der sich das Kupfer zuweilen überzieht, beeinträchtigt die Schrift — und das Gußverfahren — in keiner Weise. Dagegen bedeutet auch die zarteste und gleichmäßigste Nickelschicht eine nachträgliche Retouche des Phonogramms und, wenn sie sich bei längerem Gebrauch der Form stellenweise ablöst, eine Gefahr für die Treue der Wiedergabe.

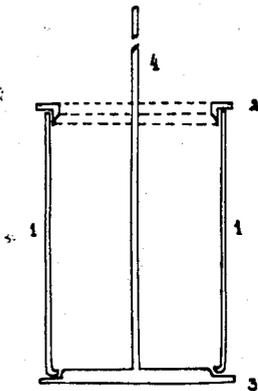


Fig. 112.

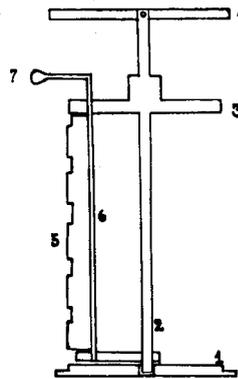


Fig. 113.

## 2. Herstellung der Abgüsse.

Als Gußmasse können zerbrochene *Edison*-Aufnahmewalzen (Blanks) unter Zusatz von 8 Gewichtsprozent weißem Ceresin verwendet werden. Oder man verseift Stearin mit Ätznatron und fügt 10% Carnaubawachs zu. Billiger und auch gut haltbar ist eine Masse aus 100 Teilen verseiftem Montanwachs, 30 Teilen verseiftem Kokosöl und 5 Teilen Asphalt épuré (Trinidadasphalt), doch klebt sie leicht an der Form.

In das weite Ende der Matrize (1, Fig. 112) wird ein Metallring 2 eingesetzt, dessen Öffnung eine Spur weiter ist als die des konischen Walzenträgers des Phonographen an seinem dicken Ende. (Der Durchmesser der Matrizenöffnung am anderen, engen Ende ist dem der Originalwalze an diesem Ende gleich, da deren Kante im Bade ungeschützt war und bis zum Innenrand mit Metall überwachsen wurde.) Mit dem engen Ende nach unten wird die

Form auf das Verschlußstück 3 aufgesetzt und kann nun an dem Träger 4 gehalten werden. Die vorgewärmte Form wird in die geschmolzene, auf etwa 170° C erwärmte Gußmasse eingetaucht. Dann wird sofort mit einer Kelle die flüssige Masse bis zum Rand eingefüllt und die Form bleibt in der Masse stehen, bis sie die gleiche Temperatur angenommen hat. Hierauf läßt man sie in kaltem Wasser abkühlen, bis die Masse an der Metallwand zu einer festen Rinde erstarrt ist und gießt dann den noch flüssigen Kern in den Schmelztiegel zurück. Man entfernt den Zylinder vom Träger 4 und glättet die Innenwand des Abgusses durch drehende Bewegung eines flachen, sich nach der Spitze zu etwas verjüngenden zweischneidigen Messers, das man in den Hohlraum vom weiten Ende aus einführt. Das Messer ist so dimensioniert, daß es am Heft etwas breiter, an der Spitze etwas schmaler ist als der Innendurchmesser der Walze. Sind die überschüssigen Wachsmassen aus dem Innern der Walze entfernt, so wird sie mit dem Rillenbohrer (Fig. 113) ausgefräst. Der kreisrunde Metallsockel 1 ist am Rande so ausgekehlt, daß der Zylinder genau darauf paßt und nimmt in einer zentrischen Bohrung den Stab 2 auf. Dieser trägt eine Platte 3, die sich genau in den Ring in der oberen Öffnung der Walze einfügt, und endet in dem Handgriff 4. Die gezackte Messerschneide 5 ist um die Achse 6 an dem Griff 7 von außen drehbar. Beim Einsetzen des Instrumentes in den Zylinder liegt sie dem Stab 2 zugewendet und wird dann erst um 180° bis an einen (in der Figur nicht sichtbaren) Anschlag in die gezeichnete Stellung gedreht. Wird die Vorrichtung nun um die Achse 2 gedreht, so schneidet das Messer breite parallele Rillen in die Innenwand der Walze und läßt zwischen diesen Kämme stehen, die sich leicht und ohne Gefahr für den Abguß mit der Reibahle zurechtshaben lassen, wenn die Walze auf den Konus des Phonographen nicht genau passen sollte. Um den Bohrer aus der Walze herauszunehmen, wird der Griff 7 wieder nach innen umgestellt. Man läßt den Zylinder an der Luft abkühlen und kann dann den fertigen Abguß aus der Matrize herausziehen<sup>1)</sup>.

Statt Abgüssen lassen sich auch Abdrücke von den Galvanos gewinnen (*Azoulay*<sup>2)</sup>). Man führt in die Matrize eine Blankwalze ein, die knapp paßt und 1 bis 1,5 mm kürzer ist, setzt das Ganze auf eine Platte, erwärmt, allmählich steigend, außen und innen über der Flamme auf 50 bis 58° C (acht bis zehn Minuten). Dann bringt man einen zylindrischen Gummibeutel, der mit einem Hahn versehen ist, in das Innere der Walze, senkt die Form in eine Stahlbüchse, erhitzt nochmals zwei bis drei Minuten lang mit

<sup>1)</sup> Die im vorstehenden geschilderten Methoden sind von Herrn F. Moldenhauer, Berlin-Lichtenberg, ausgearbeitet worden, dem ich für eingehende Erläuterung sehr verpflichtet bin.

<sup>2)</sup> Compt. rend. d. l. Soc. d. Biol. 15. u. 29. Nov. 1902.

sehr heißer Luft, preßt Luft (oder Kohlensäure) mit 15 Atm. oder mehr in den Beutel, während die Vorrichtung im Thermostaten auf gleicher Temperatur erhalten bleibt (10 bis 15 Minuten), eventuell auch noch unmittelbar mit heißer Luft erwärmt wird. Dann wird der Hahn geöffnet, die Form an der Luft stehen gelassen, die Kopie nach der Abkühlung herausgezogen und auf dem Phonographen mit Wildleder poliert. Die Pressung kann statt mit Gas auch hydraulisch oder mit einem dreiteiligen Holzkonus, in den ein ebenfalls dreiteiliger Keil getrieben wird, geschehen.

### V. Aufbewahrung der Phonogramme.

Den Originalwalzen und Kopien drohen hauptsächlich zwei Gefahren: mechanische Verletzung und Feuchtigkeit. Ist nicht schon die Wälenschachtel mit Watte oder weichem Stoff ausgekleidet, so müssen die Zylinder in eine Lage Watte eingewickelt werden. Zum Aufbewahren der Schachteln, auch für den Versand, sind Kisten aus Wellpappe geeignet, nach Art der Eierkisten. Für den Versand sorgt man dafür, daß die Walzen in den Schachteln fest liegen, indem man einen Wattebausch zwischen Walze und Schachtelrand klemmt; auch müssen die Schachteln durch Ausfüllen aller Zwischenräume im Kasten mit zerknülltem Papier festgestellt werden. Für die Tropen, wo die Walzen besonders leicht in Folge der Feuchtigkeit schimmeln, müssen sie in luftdicht schließende Zinkkasten verschlossen werden und dürfen nur für die Aufnahme herausgenommen werden. Es ist daher auch nicht empfehlenswert, die Zinkkasten zu verlöten; besser verwendet man Kasten mit — möglichst kleinem — durch eine Gummidichtung festschließendem Deckel, dessen übergreifender Rand noch mit Heftpflaster verklebt wird.

Noch bequemer ist es, jede einzelne Schachtel in eine zylindrische Dose (Kakaobüchse), in die sie genau paßt, ebenfalls mit einem Heftpflasterstreifen zu verschließen, doch bedingt diese Verpackung eine nicht unerhebliche Gewichtsvermehrung. Verwendung von Desinfektionsmitteln (Formalin z. B.) hat sich nicht bewährt. Leicht angeschimmelte Walzen kann man durch mehrmaliges Abspielen mit einer schweren Wiedergabemembran vor dem Galvanisieren etwas verbessern. In jedem Fall müssen Walzen, die durch den Geruch schimmelverdächtig sind, sofort in neue, reine Schachteln gebracht und möglichst bald galvanisch reproduziert werden: es kann vorkommen, daß Walzen, die ganz normal aussehen, noch nachträglich durch Schimmel zugrunde gehen, wenn man sie in den alten Schachteln beläßt. Natürlich muß auch der Sammlungsraum trocken sein.

Schädigung durch Hitze ist dagegen nicht zu befürchten: Temperaturen, bei denen die Masse, deren Schmelzpunkt sehr

hoch liegt, weich wird, dürften die Walzen kaum je ausgesetzt sein; zudem sind sie ja immer in schlechte Wärmeleiter verpackt.

Auch Deformationen durch das eigene Gewicht der Walze sind unwahrscheinlich. Immerhin wird man, schon aus Gründen der Handlichkeit und Bruchsicherheit, die Walzen stehend aufbewahren. Bequemes Hantieren ist hier nicht nur eine Annehmlichkeit, es vermindert auch die Gefahren für das leicht zerbrechliche Material. Man wird daher auch nur kleinere Gruppen von Walzen — Kopien oder Kupfernegativen, die ganz gleich behandelt werden — etwa 10 oder 15 zusammen in einem Sammlungskasten vereinigen und in den Schränken für jede Reihe von Sammlungskasten einen besonderen Bord vorsehen, damit die Kasten nicht übereinander geschichtet und beim Herausnehmen eines Kastes erst wieder abgebaut werden müssen. Der untere Teil der Schranke sollte vorspringen und eine nicht zu schmale Abstellfläche für Schachteln und Sammelkasten bieten. Wichtig für die Orientierung des Aufsuchens ist es, jede Walzenschachtel oben mit einer Karte, die nicht nur eine Nummer, sondern auch möglichst ausführlich den Inhalt angibt, jeden Sammelkasten und jeden Schrank mit Aufschriften, am besten auf auswechselbaren Schildern, zu versehen. Die Sammlungskasten sollten nicht auf offenen Regalen sondern staubsicher in Schränken mit Glastüren untergebracht werden. Grammophonplatten werden in den käuflichen Albums, die wie eine großdimensionierte Kartothek, in Schubfächern stehend, aufbewahrt.