Gedruckt mit Unterstützung aus dem Jerome und Margaret Stonborough-Fonds

Niederfrequenzverstärker in der phonographischen Technik

Von

Dr. Leo Hajek und Dr. Ferd. Scheminzky

(Mit 1 Textfigur)

57. Mitteilung der Phonogrammarchivkommission der Akademie der Wissenschaften in Wien

Aus dem physiologischen Institut der Universität Wien

(Vorgelegt in der Sitzung am 6. Mai 1926)

Die Anwendung von Verstärkerröhren bietet die Möglichkeit, an zwei Aufgaben heranzugehen:

1. Aufnahmen auf Distanz unter Vermeidung des Aufnahmetrichters (Fernaufnahmen).
2. Verstärkte Wiedergabe von phonographischen Aufnahmen.

Die phonographische Aufnahmetechnik litt bisher an dem Übelstand, daß das Aufnahmeobjekt unmittelbar an den Aufnahmetrichter des Apparates herangebracht werden mußte. Das verursacht einerseits gewisse Hemmungen bei den Aufnahmepersonen, unter denen die Natürlichkeit der Aufnahme leiden muß, verbietet anderseits, Objekte aufzunehmen, die sich nicht an den Trichter heranbringen lassen (Aufnahme von Tierstimmen).

Es lag nahe, die bekannte Methode heranzuziehen, akustische Phänomene mit Hilfe eines geeigneten Aufnahmeorganes in elektrische Stromschwankungen umzuwandeln und diese, entsprechend verstärkt, wieder als Schälle wiederzugeben. Von der Güte dieser Umwandlungs- und Verstärkungsapparate hängt natürlich die Brauchbarkeit des Verfahrens ab.

Als Aufnahmeorgan benützten wir zunächst Mikrophone. Gänzlich ungeeignet sind die zwar sehr empfindlichen, aber stark verzerrenden Mikrophone mit Kohlenkugeln. Wesentlich günstigere Resultate ergaben die Mikrophontypen, wie sie in den Staatstelephonen verwendet werden. Sie enthalten Kohlengrieß. Sie erweisen sich als um so brauchbarer, je feiner die Füllung gekörnt ist, es sind daher die für »Zentralbatterie« bestimmten, mit Widerstand von zirka 200 Ohm am geeignetsten. Wird nur die Registrierung fortlaufender Debatten, wie sie in letzter Zeit an Stelle der stenographischen Fixierung gelegentlich mit Erfolg versucht wurde, angestrebt, so reichen diese Aufnahmeorgane vollkommen aus, da sie gestatten, die Stimme des Sprechers klar und verständlich und mit deutlich erkennbarer persönlicher Klangfärbung wiederzugeben. Immerhin stören bei Aufnahmen, wie sie etwa für wissenschaftliche

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Untersuchungen im Phonogrammarchiv gemacht werden, zwei Eigenschaften dieser Art von Mikrophonen, das Ruhegeräusch und die relativ ungleiche Empfindlichkeit auf Töne verschiedener Tonlage. Zweifellos würde für diese Zwecke das von Philipp Reisz erfundene Mikrophon das geeignetste sein, wie es heute bei einer großen Zahl von Rundfunksendern in Verwendung steht. Für unsere Versuche stand uns leider kein solches Instrument zur Verfügung. Dagegen haben wir mit einem hochohmigen Telephon als Aufnahmeorgan ganz gute Resultate sowohl bei Sprach- als auch bei Gesangsaufnahmen erzielt.

Bei Verwendung eines Mikrophons ist es notwendig, die Mikrophonbatterie durch einen Spannungsregler zu überbrücken, um die auf den eigentlichen Mikrophonkreis entfallende Potentialdifferenz beliebig abstufen zu können. Je kleiner die Belastung des Mikrophons, desto reiner ist die Aufnahme. Die Übertragung auf den Verstärker erfolgte bei unseren Versuchen mit einem »Tesig«-Transformator mit einem Übersetzungsverhältnis von 300 zu 20.000 Windungen mit einem nicht geschlossenen Eisenkern. Andere Transformatoren waren weniger gut geeignet. Wurde als Aufnahmeorgan ein Telephon verwendet, bei dem natürlich keine Batterie nötig ist, so erfolgte der Anschluß an den Verstärker über einen eisengeschlossenen Transformator (»Berliner« 9000 zu 32.000 Windungen).

Die größte Schwierigkeit bestand darin, eine geeignete Schaltung für den Verstärker zu finden. Es ist nämlich für phonographische Aufnahmen eine wesentlich größere Lautstärke nötig als die für einen Lautsprecher gebrauchte, dem man mühelos zuhören will. Es muß daher die Verstärkung viel höher getrieben werden, als es sonst üblich ist. Niederfrequenzverstärker in der bis vor kurzem gebauten Ausführung mit Transformatorkopplung geben zwar eine gute Verstärkung, verzerren aber, der Resonanzlage der einzelnen Transformatoren wegen, indem einzelne Frequenzen bevorzugt erscheinen. Die bereits bekannten Verstärker mit Widerstandskopplung verstärken zwar ziemlich unabhängig von der Frequenz, haben aber meist nur einen geringeren Verstärkungsgrad, so daß wieder die Röhrenzahl erhöht werden muß. Damit erhöhen sich aber auch die Störungsmöglichkeiten. Erst durch neuere Gesichtspunkte, die in Deutschland z. B. von Ardenne, gleichzeitig aber auch in England entwickelt worden sind, wurde es möglich, widerstandsgekoppelte Niederfrequenzverstärker mit hohem Wirkungsgrad zu bauen.

Wir konstruierten uns einen derartigen Verstärker und haben bis jetzt stets mit zwei, beziehungsweise mit drei Röhren das Auslangen gefunden. Das Wesentliche der Verstärkung mit Widerstandskopplung liegt darin, daß im Anodenkreis der Verstärkerröhre ein möglichst großer Spannungsabfall erzielt wird, der elektrostatisch auf das Gitter der folgenden Röhre übertragen wird. Die Größe der von einer Röhre erzielbaren Spannungsverstärkung wird durch den reziproken Wert des Durchgriffs angegeben. Es sind daher für einen

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

derartigen Verstärker Röhren mit möglichst kleinem Durchgriff anzuwenden. Bei Eingitterröhren liegt der kleinste Wert des Durchgriffs etwa bei 2 bis 3%, bei Verwendung von Doppelgitterröhren in Anodenschutznetzschaltung jedoch lassen sich unter geeigneten Umständen auch noch wesentlich kleinere Werte für den Durchgriff erzielen. Um eine möglichst große Verstärkung zu erhalten, haben wir den letzteren Weg vorgezogen und »Philip's«-Doppelgitterröhren der Type B VI oder auch A 341 verwendet. Solche Röhren können aber nur in den beiden ersten Stufen verwendet werden, da sie ja nur Spannungen aber keine Leistungen liefern. Der Betrieb eines Lautsprechers dagegen, welcher eine zur phonographischen Aufnahme ausreichende akustische Energie liefern soll, benötigt eine große Leistung. Diese zu erzielen, wurde daher als letzte Röhre eine »Philip's«-Lautsprecherröhre der Type C 507 oder B 406 (Eingitterröhren) angewendet. Die genannten Röhren haben sich ausgezeichnet bewährt. Die prinzipielle Schaltung eines derartigen Verstärkers zeigt Fig. 1. Als Mikrophonbatterie wurde gleichzeitig die

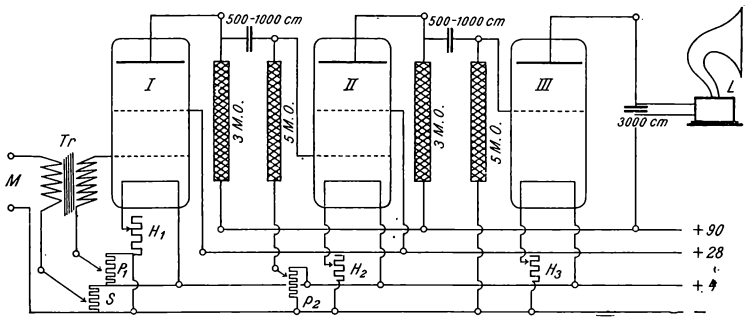

Fig. 1.

Schaltschema des benützten Niederfrequenzverstärkers mit Widerstandskopplung für Mikrophonanschluß.

M Klemmen für das Mikrophon, *Tr* Eingangstransformator, H_1, H_2, H_3 Heizwiderstände, P_1, P_2 Potentiometer zur Einstellung des Gitterarbeitspunktes, *L* Lautsprecher (Amplion), *I*, *II*, *III* Verstärkerröhren (*I* und *II* je Philip's B 6, *III* Philip's B 406, beziehungsweise C 507), *S* Spannungsteiler für den Mikrophonstromkreis.

Heizbatterie benützt. Sie wurde daher durch den Spannungsteiler *S* überbrückt und in den Nebenkreis das Mikrophon *M* und der Transformator *Tr* eingeschaltet. Bei gleichzeitiger Verwendung mehrerer Mikrophone wurden diese untereinander parallel geschaltet. Die sekundäre Wicklung des Eingangstransformators liegt am Raumladungsgitter der Röhre *I*, das zweite Ende liegt an einem Potentiometer P_1, das eine Potentiometerbatterie überbrückt und zur Einstellung der richtigen Gitterspannung dient.[1] Die einzelnen Röhren

[1] Dabei ist auf die richtige Polung der Sekundärseite zu achten. Das Ende der Sekundärwicklung ist an das Gitter, der dem Eisenkern anliegende Anfang dagegen an das Potentiometer zu legen.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

werden über die Widerstände H_1, H_2, H_3 geheizt. Die Anodenschutznetze erhalten eine Vorspannung von 28 bis 30 Volt, die der Anodenbatterie entnommen werden. Im Anodenkreis der ersten und der zweiten Röhre liegt ein hochohmiger Widerstand von zirka 3 Megohm. Der Spannungsabfall wird über je einen Kondensator von 500 bis 1000 *cm* dem Gitter der Röhren *II* und *III* zugeführt. Ein hochohmiger Widerstand von 5 Megohm sorgt für Ableitung von Gitteraufladungen und führt gleichzeitig dem Gitter die an dem Potentiometer P_2 durch Anschluß an die negative Heizleitung eingestellte Vorspannung zu. Speziell die letzte Röhre benötigt eine Vorspannung von 3 bis 4 Volt bei der Anodenspannung von 80 bis 100 Volt.[1] In den Anodenkreis der letzten Röhre wird zweckmäßigerweise der Lautsprecher direkt eingeschaltet, wobei auf richtige Polung zu achten ist. Soll der Anodengleichstrom vom Lautsprecher abgehalten werden, so kann entweder ein Ausgangstransformator oder eine der gebräuchlichen »Zwei-Weg-Anordnungen« eingeschaltet werden. Bei direkter Einschaltung ist der Lautsprecher durch einen Blockkondensator von einigen Tausend Zentimetern zu überbrücken. Wichtig ist die Art der eingeschalteten hochohmigen Widerstände. Die gebräuchlichen Silit-Widerstände sind gänzlich ungeeignet. Einwandfreie Ergebnisse erzielten wir nur mit den »Löwe-Hochvakuum-Widerständen.«

Die Übertragung des verstärkten Schalles auf die phonographische Platte kann prinzipiell auf zwei verschiedenen Wegen erfolgen. Einmal direkt, indem man die Membran des Lautsprechers wie bei einer gewöhnlichen Schalldose mit dem Schreibsaphir mechanisch verbindet oder dadurch, daß die Schallübertragung pneumatisch erfolgt, indem man Lautsprecher und Aufnahmeschalldose durch einen kurzen Gummischlauch verbindet. Die erstere Anordnung erwies sich als minder tauglich, obwohl sie die verfügbare Energie sicher besser ausnützt. Wirklich klare Aufnahmen erzielten wir nur durch pneumatische Übertragung. Als Lautsprecher läßt sich eine der kleinen im Handel erhältlichen Lautsprecherschalldosen halbwegs gut verwenden, die besten Resultate ergab aber ein »Amplion«-Lautsprecher der Type AR 15.

Aufgenommen wurden Sprecher in einer Distanz bis zu 3 *m* vom Mikrophon, wobei bei Benützung von nur zwei Röhren (die mittlere Stufe wurde dabei kurz geschlossen) und einer Mikrophonspannung von 2 bis 4 Volt die Endenergie so groß war, daß sie nicht nur für diese Registrierung vollkommen ausreichte, sondern auch noch einen zur sofortigen Kontrolle parallel geschalteten zweiten Lautsprecher speisen konnte.

Unter Benützung einer Telephonkapsel (»Dr. Nesper-Phone« mit 2000 Ohm Widerstand der Firma Birgfeld), die wegen ihres verstellbaren Magnetsystems besonders geeignet ist, konnte auch

---

[1] Hierzu ist eine nicht gezeichnete Trockenbatterie von 3 bis 4 Volt nötig, die zwischen Gitterwiderstand und Heizanschluß eingeschaltet wird.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Froschquaken mit Dreiröhrenverstärkung aufgenommen werden, wobei allerdings der Frosch nicht mehr als 2 *dm* vom Telephon entfernt war. Die Aufnahme war laut genug, um durch den Trichter abgehört werden zu können und vollkommen naturgetreu.

Nahezu die gleiche Anordnung konnte auch zur Verstärkung phonographischer Aufnahmen verwendet werden. Da die phonographische Aufnahme an und für sich mit dem Aufgenommenen nicht mehr vollkommen identisch ist, so erwies sich, wie unsere Versuche ergeben haben, die Verwendung von Mikrophonen zur Schallumwandlung als untunlich. Dagegen haben wir Telephone mit sehr gutem Erfolge benützt, und zwar entweder den obengenannten »Dr. Nesper-Phone-Hörer« oder auch eine der käuflichen kleinen Lautsprecherschalldosen (z. B. die D. K. W.-Schalldose). Diese wurden mit einem ganz kurzen Schlauchstück direkt auf die Wiedergabeschalldose aufgesetzt. Der andere Weg, der sich bietet, den Wiedergabesaphir mit der Telephonmembrane mechanisch zu verbinden, gab kein brauchbares Resultat.

Dieses Verfahren wird hauptsächlich dann geboten erscheinen, wenn eine an sich gute, aber aus irgend einem Grunde lautschwach geratene Aufnahme verstärkt werden soll. Im allgemeinen hat es sich herausgestellt, daß Aufnahmen, die eine mehr als Zweiröhrenverstärkung erfordern, entsprechend einer linearen Verstärkung von 800 bis 1000,[1] keine guten Resultate mehr ergeben, da in diesen Fällen die Verstärkung der unvermeidlichen Nebengeräusche schon zu stark störend wirken muß. Zweckmäßig erwies sich in gewissen Fällen die Einschaltung einer Elektronenröhre in einer besonderen Abschwächerschaltung, durch welche eine jeder Platte angepaßte Lautstärke zu erzielen ist. (Hierüber wird Dr. Scheminzky im Zusammenhang mit den Versuchen über Herztonverstärkung noch gesondert berichten.) Es gelang so, Sprach- und Musikplatten aus der Wiener Sammlung, die mit Trichter sonst nur auf die Entfernung weniger Zentimeter zu hören sind, in einem großen Saale deutlich hörbar zu machen.[2]

---

[1] Diese Verstärkung bezieht sich natürlich auf die vom Telephon aufgenommene Energie, die ja viel kleiner ist, als die beim Abhören vom Ohr aufgenommene.

[2] Durch das freundliche Entgegenkommen der Radioverkehrs-A.-G. erhielten wir auf einige Zeit ein Reisz-Mikrophon für unsere Versuche. Die mit diesem auf elektrischem Wege hergestellten Sprachaufnahmen waren, wenigstens soweit das Ohr es kontrollieren konnte, einer Trichteraufnahme gleichwertig. Auch Musikaufnahmen gelangen sehr gut.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse

Jahr/Year: 1926

Band/Volume: 135_2a

Autor(en)/Author(s): Hajek Leo, Scheminzky Ferdinand

Artikel/Article: Niederfrequenzverstärker in der phonographischen Technik. 287-291