

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 32 (1941)  
**Heft:** 13

**Artikel:** Die Technik des industriellen Schallplattenaufnahmeverfahrens  
**Autor:** Günther, W.A.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1060020>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 03.04.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Die SBB räumen den NOK gestützt auf Art. 12, Abs. 3, des Bundesgesetzes über die Nutzbarmachung der Wasserkräfte ein Teilnutzungsrecht an der vom Bund beanspruchten Aarestrecke Rüchlig-Wildegg in der Weise ein, dass sie die Ausnutzung der Wasserkraft einer Aktiengesellschaft übertragen, an welcher neben den SBB die NOK mit 45 % am Aktienkapital und mit 50 % an der Energieproduktion beteiligt sind. Diese Aktiengesellschaft, Kraftwerk Rapperswil A.-G., über-

nimmt für die Dauer des Gründungsvertrages alle den SBB aus dem Bundesratsbeschluss und den Vereinbarungen mit dem Kanton Aargau obliegenden Rechte und Verpflichtungen.

Das Kraftwerk Rapperswil ist von der Aktiengesellschaft als kombiniertes Bahn- und Industriekraftwerk auszuführen, wobei aber die Teilanlagen der beiden Partner nicht über das praktische Bedürfnis hinaus voneinander getrennt werden sollen.

## Die Technik des industriellen Schallplattenaufnahmeverfahrens.

Von W. A. Günther, Winterthur.

681.854

*In kurzen Zügen wird zuerst die Methode der Schallplattenherstellung erläutert. Anschliessend werden die technischen Probleme der Aufnahmemaschine behandelt, wobei als Ausführungsbeispiel eine realisierte Konstruktion des Verfassers dient. In der weitem Folge werden einige Berechnungsgrundlagen für den Bau von Tonschreibern (Cutter) gezeigt. Der letzte Abschnitt befasst sich insbesondere mit den verschiedenen Methoden, die eine präzisierte Beurteilung der aufgezeichneten Tonqualität erlaubt.*

*L'auteur décrit brièvement la fabrication des disques de gramophone pour traiter ensuite les problèmes techniques des machines servant à l'enregistrement du son, prenant comme exemple une machine de sa construction. Dans la seconde partie, l'auteur indique les bases mathématiques de la construction des machines à graver les matrices (cutter). La dernière partie est consacrée aux différentes méthodes, de comparaison précise de la qualité sonore des rainures gravées.*

### 1. Werdegang der Schallplatte.

Die tonfrequenten Schwingungen der aufzunehmenden Darbietung führen vom Mikrophon über einen Verstärker zum Tonschreiber der Aufnahmemaschine. Die Schneidespitze (genau geschliffener Saphir), welche die Verlängerung des seitlich beweglichen Ankers darstellt, schneidet die Rille mit den frequenzgetreuen seitlichen Auslenkungen aus dem Tonträger. Dieser besteht aus einem, auf 35 ° C vorgewärmten, ca. 3 cm dicken Wachsuchen<sup>1)</sup>, welcher auf dem Plattenteller mit 78 U/min gedreht wird. Die Aufnahmeapparatur ist eine Präzisions-Karuselldrehbank. Durch den seitlichen Vorschub des Supports, an dem der Schreiber befestigt ist, ergibt sich die spiralförmige Rille, die bei einer Platte von 25 cm Durchmesser eine Weglänge von ca. 130 m aufweist. Der geschnittene Wachs wird zur Herstellung eines galvanischen Abzuges zunächst elektrisch leitend gemacht. Nach der klassischen Methode geschah dies durch Bestäuben mit feinem Graphitpulver und bei dem neueren Verfahren durch Kathodenzerstäubung in einer Ionisationskammer. Eine solche besteht aus einem Stahltesor, in dem mehrere Wachse und vor diesen dünne Silberdrähte aufgehängt sind. Beim Auspumpen der Kammer auf ca. 0,1 mm Hg Druck und Anlegen einer Spannung von ca. 2000 V zwischen dem Gehäuse (Kathode) und die Silberelektroden (Anode) zerstäubt das Silber. Dieser nun «leitende Wachs» wird jetzt als Kathode in ein galvanisches Cu-Bad gehängt. Der Kupferniederschlag wird in Form eines Blechtellers (Vater) von der Wachsfläche getrennt und könnte infolge seines Ne-

gatives bereits zum Pressen verwendet werden, sofern dieser durch eine rückseitige Kupferplatte und Vernicklung zu einem sog. Presshell verstärkt würde. Da sich solche Plattenstempel durch das Pressen abnutzen (ca. 3000 Platten) und eventuell schon vorzeitig beschädigt würden, benutzt man den Vater zur Gewinnung eines weitem galvanischen Abzuges, der sog. Mutter, die sich aber nicht zum Pressen eignet (positiv) und als Ausgang einer beliebigen Anzahl neuer Galvanos, der sog. Söhne oder Pressmatrizen benutzt wird. Zwei verschiedene Pressmatrizen werden in den oberen und unteren Einspannring der Plattenpresse eingeführt. Das Plattenmaterial, welches neben der Presse vorgewärmt und in Form eines teigförmigen Klumpens in das Presszentrum gelegt wird, besteht aus ca. 25 % Schellack, ca. 5 % Rubin und Kopal, ca. 50 % Schieferstaub und Magnesia, ca. 12 % Pressabfälle, ca. 3 % Baumwollstaub und ca. 5 % Gasruss zur Schwärzung. Alte Platten können bis zu ca. 40 % heigemischt werden. Dieses Material wird unter dem Druck der hydraulischen Presse (50...80 Tonnen bei einer 25-cm-Platte), die zugleich durch heissen Dampf stark erhitzt worden ist, zu der üblichen schwarz glänzenden Schallplatte ausgebreitet. Vor dem Öffnen der Presse werden die Preßstempel mittels Wasser abgekühlt, so dass die erstarrte Platte mit bereits aufgezogener Etikette, Zentrumloch und geschnittenem Rand entnommen werden kann. Ein solcher Prozess spielt sich innert weniger Sekunden ab.

### 2. Die Aufnahmemaschine.

Bei der Schallplattenherstellung werden die höchsten Ansprüche an die Aufnahmemaschine gestellt, wo bei einfachster Bedienung (zur Vermeidung von Fehlgriffen) eine elektrisch und mechanisch störungsfreie Tonaufzeichnung verlangt wird. Um den Wachs beim Auflegen nicht zu beschädi-

<sup>1)</sup> 15 T. Carnaubawachs, 8 T. I.G.-Wachs, 0,10 T. Montanwachs, 7 T. Stearin, 22 T. Ozokeriet raffiniert 70°, 38 T. stearinsäure Tonerde. Zwecks amorpher Struktur längere Schmelzung auf 240° und Formabfüllung durch Filterpresse. Nachträgliches Abdrehen der Form und die Oberfläche mittels Schneide- und Poliersaphir hochglänzen.

gen, wurde in der Aufnahmemaschine nach Fig. 1 die Support- und Vorschubeinrichtung schwenkbar angeordnet, wobei infolge des Schwergewichtes

Der Schaltungsvorgang ergibt sich aus dem Schema Fig. 2. Nachdem der Wachs aufgelegt worden ist, wird der Fusskontakt I kurz niedergedrückt,

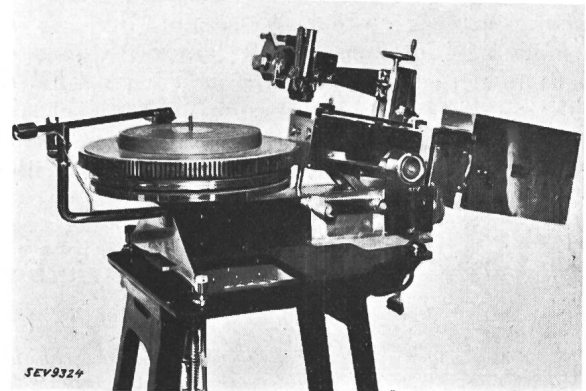
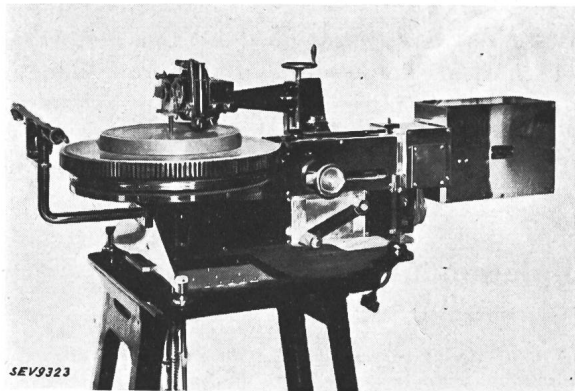


Fig. 1. Aufnahmegerat in Aufnahme- und Ruhestellung.

(rechts), der Tonschreiber während der Ruhelage immer ausserhalb des Plattentellers (40 cm Durchmesser) zu liegen kommt. Die ganze Bedienung beschränkt sich auf drei Schaltorgane.

wodurch der Einphasen-Synchronmotor mit asynchronem Anlauf in Betrieb gesetzt wird. Gleichzeitig leuchtet im Aufnahmestudio die Signallampe (Achtung) auf, ferner wird die Spanabsaugevor-

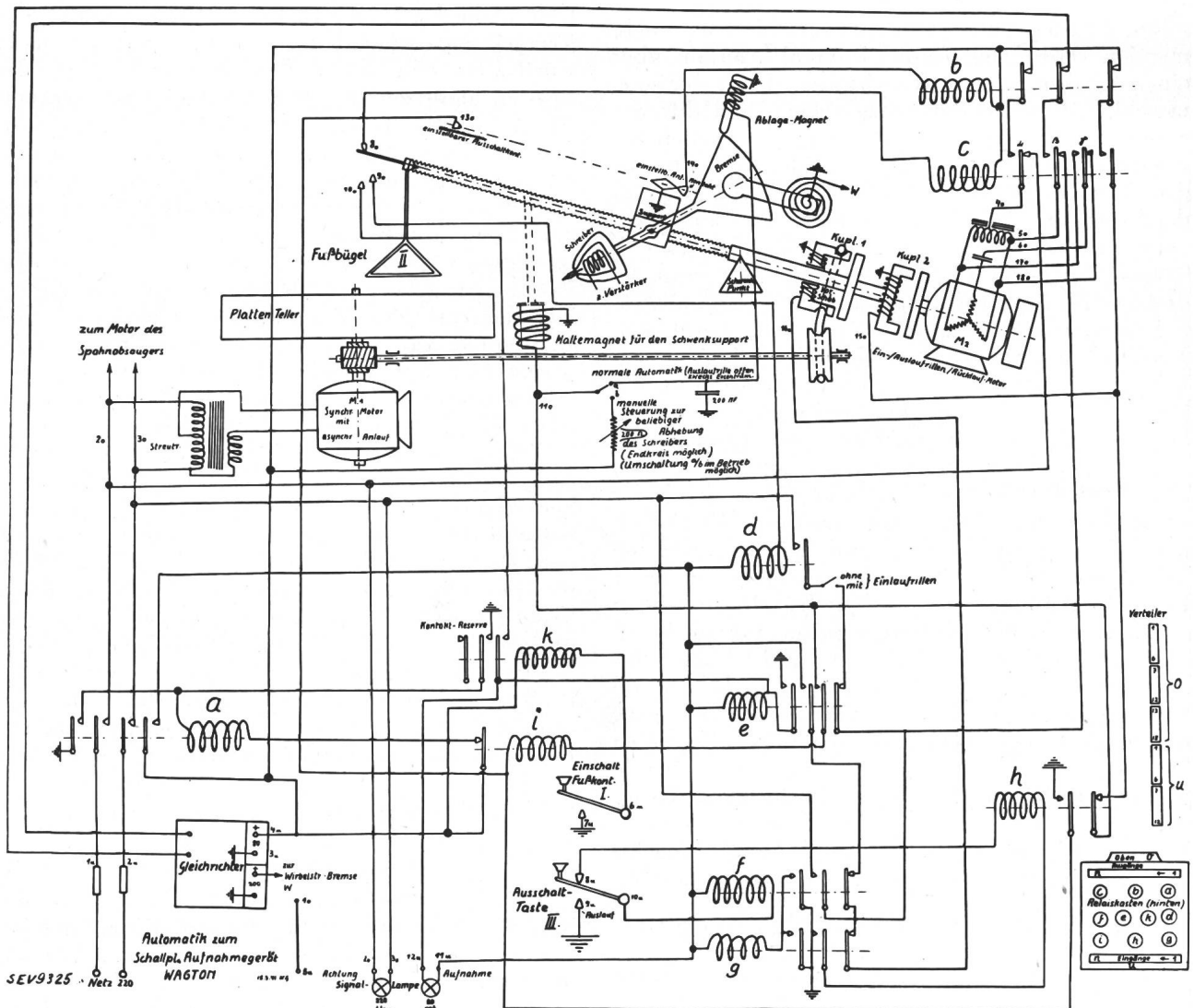


Fig. 2. Schaltungsschema der Automatik.

richtung in Betrieb gesetzt. Die zweite Betätigung beschränkt sich auf das Niederdrücken des Fusspedales II, wobei der Support mit der Vorschubeinrichtung in die Aufnahmelage hinunter geschwenkt wird. Durch nochmaliges Niederdrücken des Fusskontaktes I wird die Aufnahmelage magnetisch arretiert. Zeitlich etwas verzögert, senkt sich der Schreiber auf die Wachsoberfläche und der inzwischen automatisch in Betrieb gesetzte Vorschubmotor schaltet sich wieder aus und wird an die Spindel gekuppelt. Dadurch wird die Einlaufrille bewerkstelligt und geht in den normalen Vorschub von 0,26 mm über. Die zweite Signallampe (Aufnahme) leuchtet ebenfalls auf. Während der Aufnahme werden die Wachsspäne abgesogen und in einem Entleerungsglasbehälter aufgefangen. Der Schnitt lässt sich mittels eines angebauten Mikroskopes 40facher Vergrößerung prüfen (Rillentiefe 0,08 mm). Allfälliges vertikales vibrieren, was infolge der unkonstanten Reibung zwischen Span und Saphir möglich ist, wird durch eine kräftige Wirbelstrombremse vermieden. Die Uebertragung mechanischer Störschwingungen des Antriebmotors werden durch getrennte Aufstellung und durch ein mechanisches Filter fern gehalten; solche Filter werden wie elektrische Filterkreise berechnet.

Sobald die Darbietung beendet ist, wird die dritte Bedienungseinrichtung, eine an der Apparatur angebaute Taste III niedergedrückt. Der Rillenvorschub wird dadurch elektrisch ausgekuppelt und der in der Verlängerung der Spindel befindliche Motor eingeschaltet, welcher die 11 mm breite Auslaufrille bewerkstelligt. Beim Loslassen der Taste wird auch dieser Motor ausgekuppelt und die Rille läuft in einen Kreis über, wodurch die Plattenaufzeichnung beendet ist. Anschliessend öffnet sich der Stromkreis zum Arretierungsmagnet und der Schreiber hebt sich von der Wachsoberfläche ab. Infolge des hintern Schwergewichtes wird der Supportteil nach oben geschwenkt. Durch die weitem Kontakte wird die Drehrichtung des Auslaufmotors gekehrt und die Kupplung 2 eingeschaltet, wodurch der Support in die Anfangslage, d. h. bis zum eingestellten Endpunkt zurückkehrt. Weitere Aufnahmen wiederholen sich nach gleicher Art. Würde die Taste III beispielsweise nicht niedergedrückt, so würde die Platte bis zur Endeinstellung (die beliebig gewählt werden kann), geschnitten und alsdann abgeschlossen, d. h. der Support würde wieder in die Anfangslage zurückgeführt.

Ein Zusatzschalter ermöglicht die Aufnahme ohne Einlaufrille, ein anderer, in Verbindung mit einem Drehwiderstand, die beliebige Abhebung des Schreibers während der Aufnahme, was besonders bei der Herstellung von Versuchsrillen ausserhalb des spätern Plattenrandes zweckmässig ist. Der Endkreis kann auch offen gewählt werden, um diesen nachträglich mit der gleichen Einrichtung exzentrisch abzuschliessen.

### 3. Der Tonschreiber.

Die Tonqualität hängt im wesentlichen vom Wachsschreiber (Cutter) ab. Obwohl man bei der

von Edison im Jahre 1878 entwickelten Tiefenschrift<sup>2)</sup> eher bessere Resultate in bezug auf Frequenzumfang, Spieldauer und Dynamik erzielen dürfte, hat sich die gesamte Plattenindustrie auf die Transversalschrift<sup>3)</sup>, die andere Vorteile mit sich bringt, eingestellt. Ein solcher Schreiber gleicht einem polarisierten Relais, an dessen Anker eine

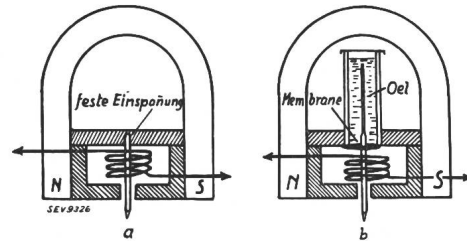


Fig. 3.

a) Tonschreiber mit hoher und b) tiefer Resonanzfrequenz.

Saphirspitze von ca. 6 mm Länge, 85° Schnittwinkel und abgerundete Spitze von  $r = 0,03$  mm, befestigt ist. Bei der Ausführung gemäss Fig. 3a ist die freischwingende Zunge hinten stabil eingespannt und gewährleistet so eine eindeutige und klirrfreie Lagerung. Vorteilhaft wird die Eigenresonanzfrequenz oberhalb der aufzuschreibenden Frequenzgrenze gewählt oder, liegt diese innerhalb des Tonbereiches, so muss sie durch einen Filterkreis bereits im Verstärker kompensiert werden (Entzerrung).

Die Eigenfrequenz

$$f_0 = 1,6 \cdot 10^4 \frac{d}{l^2} \sqrt{\frac{\text{Elast. Modul (kg/mm}^2\text{)}}{\text{sp. Gew.}}} \quad \text{wo}$$

$d$  Ankerdicke mm

$l$  Ankerlänge mm

( $b$  Ankerbreite mm)

Je tiefer die Eigenfrequenz gewählt wird, desto grösser ist die Empfindlichkeit, was in bezug auf die magnetische Aussteuerung von Wichtigkeit sein kann.

Der in Fig. 3b dargestellte Schreiber besitzt zur Eliminierung der Resonanzfrequenz eine zeitlich konstante und temperaturunabhängige Oeldämpfung. Dies wird durch die rückwärtige Verlängerung des Ankers, die aus einem durchlöcherten Blech besteht und in eine ölgefüllte Kammer ragt, bewerkstelligt. Als Dämpfungsmaterial kann auch Gummi mit einer Reibungsbeimischung verwendet werden; Gummi ist jedoch wegen Alterungserscheinungen ungünstiger. Da die Wiedergabe meistens mittels elektromagnetischer Tonabtaster (Generator) erfolgt, d. h. die dabei induzierte Spannung der Aenderungsgeschwindigkeit des magnetischen Flusses proportional verläuft, muss die Aufzeichnung mit konstanten Geschwindigkeitsamplituden erfolgen. Infolgedessen müssen nicht die Amplituden über den Tonbereich konstant sein, sondern das Produkt  $a \cdot \omega$ , bzw. die Geschwindigkeitsamplitude ( $\sim$  Schallintensität)  $s = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot a$  (cm/s), wo  $a$  die Auslenkung in cm ist. Die Aufzeichnung kann nur

<sup>2)</sup> Z. Z. Entw. Western Electric Co.

<sup>3)</sup> E. Berliner 1888.

dann einwandfrei sein, wenn der Strom proportional mit  $1/f$  verläuft, denn die Durchbiegung des Ankers geht proportional mit dem Strom. Die Ablenkraft in kg ist  $F = 4 \cdot 10^8 \cdot N \cdot I \cdot \pi \cdot \Phi / a$ , wo  $N$  die Windungszahl,  $\Phi$  der magnetische Fluss im Luftspalt bedeutet. Der Ausschlag in mm ist:

$$a' = \frac{4 \cdot q \cdot B^2 \cdot l^3}{25 \cdot E \cdot d^3 \cdot b \cdot 10^8}$$

wo  $B$  die Kraftliniendichte,  $q$  den magn. Querschnitt im wirksamen Luftspalt bedeutet.

Der proportionale Stromabfall kann durch eine grosse Ueberanpassung erreicht werden, wo der induktive Widerstand des Schreibers gross gegenüber dem Verstärkerantrieb ist. Da bei den tiefen Tönen die Amplituden immer grösser werden, d. h. die Rillen bis zur gegenseitigen Berührung ausbuchen, schreibt man von 250 Hz abwärts mit konstanter Amplitude weiter. Dies wird durch die Serie-schaltung mittels eines ohmschen Widerstandes erreicht, welcher unterhalb 250 Hz den Wert des induktiven Widerstandes übersteigt. Nach oben wird der Frequenzbereich durch den kleinsten Krümmungsradius der Rillenschrift bestimmt.

$$Q \cong \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot R^2 \cdot n^2}{a \cdot \omega^2}$$

wo  $n$  die Plattendrehzahl pro Sekunde,  $R$  den Radius (Drehzentrum-Rille) bedeutet.

Zwischen 50 und 250 Hz ist die Rillenauslenkung ca. 0,065 mm (praktisch bis 0,12 mm), wobei die Geschwindigkeitamplitude 2,05...10,25 cm/s beträgt. Bei 2500 Hz beträgt die Rillenauslenkung infolgedessen nur 0,0065...0,012 mm. Ein Tonschreiber nach System Fig. 3a benötigt ca. 2 Watt und ein solcher nach Fig. 3b ca. 0,5...1 Watt. Der Klirrfaktor beträgt etwa 3 % und hängt im wesentlichen von der magnetischen Linearität des Ankermaterials ab; Permaloy eignet sich dafür deshalb besonders gut.

Bei der allgemeinen Berechnung solcher Tonschreiber und auch Tonabtaster, die naturgemäss aus mechanischen und elektrischen Systemen bestehen, die miteinander gekoppelt sind, hat man einen gemeinsamen Nenner zu suchen. Dies geschieht mittels einer elektrischen Ersatzschaltung,

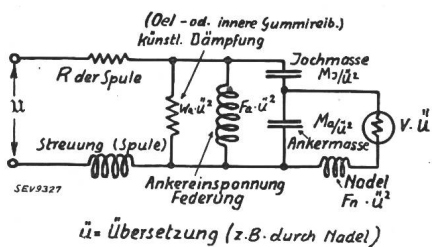


Fig. 4. Darstellung einer mechanischen Entsprechung.

wo z. B. für die Masse des Ankers eine Kapazität eingesetzt wird. Ein solches Beispiel zeigt Fig. 4 (Pic-Up). Beizufügen wäre, dass man bei solchen Schaltungen, sog. mechanischer Entsprechung, immer darauf achten muss, dass die Kondensatoren

an einen gemeinsamen Punkt führen müssen. Aequivalent dem Höchstwirkungsgrad durch eine elektrische Anpassung  $R_i = R_a$  zeigt die Fig. 5 eine Analogie der magnetischen Anpassung. Der Berechnungsweg führt zunächst zu einer Wheatstonschen Brücke und dann zu einem magnetischen Vierpol. Im Luftspalt beträgt das magnetische Feld ca. 6000

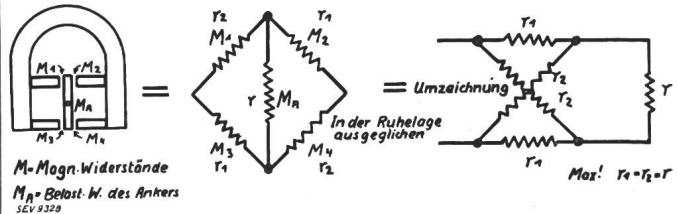


Fig. 5. Magnetischer Vierpol.

Gauss, wenn Wolfram- und Kobaltstahlmagnete verwendet werden. Um die Masse des Ankers nicht unnötig zu vergrössern, verzichtet man auf Nadel-schrauben. Die Befestigung des Schneidesaphirs erfolgt durch Einkitten mit Schellack, was für je ca. 100 Aufnahmen genügt. Dynamische Tonschreiber werden infolge der Notwendigkeit einer mechanischen Kräfteumleitung (Winkelhebel) weniger verwendet; diese eignen sich hingegen ganz besonders für die Tiefenschrift.

#### 4. Messmethoden.

Hohe Anforderungen müssen auch an die übrigen Uebertragungsglieder gestellt werden, wobei die Verstärkerrohren zur Vermeidung quadratischer Verzerrungen in Gegentakt geschaltet werden und die Endröhren ausschliesslich aus Trioden (AD1 od. 250) bestehen. Zur Beurteilung einer Aufnahme-einrichtung werden Messungen durchgeführt, die Aufschluss geben müssen über die lineare und die nichtlineare Verzerrung der Aussteuerungskurve, wobei die nichtlineare Verzerrung vorzüglich in quadratische und kubische Verzerrung aufgeteilt wird. Zur Messung der linearen Verzerrung verwendet man einen Tongenerator, dessen Tonfrequenzspannung man kontinuierlich über das gesamte Tonspektrum variiert und dem Eingang des Aufnahmeverstärkers zuführt. Die mit dieser sog. Gleitfrequenz aufgezeichnete Schallplatte wird dann mittels einem geeichten dynamischen Tonabnehmer (Leser) abgetastet und dessen EMK verstärkt und einem Wechselspannungsmesser zugeführt. Die gemessene Spannung soll von 50 Hz an (-15 dB) kontinuierlich bis auf 250 Hz zunehmen und alsdann bis auf 7000 Hz hin-auf konstant bleiben ( $\pm 1$  dB).

Eine äusserst praktische optische Methode ist diejenige von Erwin Meier. Hier wird die mit einem Gleitton gezeichnete Schallplatte mit parallelem, schräg auffallendem Licht beleuchtet. Bei der Betrachtung der Plattenoberfläche zeigt sich infolge der Lichtbündelreflexion an den Rillenwänden ein Lichtstreifen, dessen Breite ausschliesslich von der konstant anzustrebenden Geschwindigkeitsamplitude  $a \cdot \omega$  abhängt. Die Randlinie des Lichtbandes entspricht so der direkten linearen Verzerrungs-

kurve über den aufgezeichneten Frequenzbereich. Der geometrische Beweis ergibt sich aus Fig. 6. Die Punkte  $P_l$  und  $P_x$  sind in bezug auf die Beobachteraxe die äussersten Reflexpunkte, bei denen der

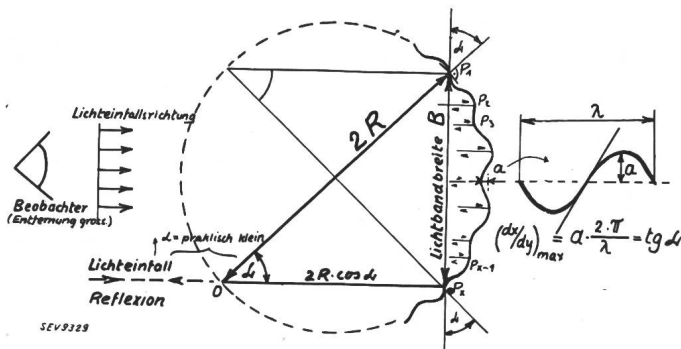


Fig. 6.

Optische Methode zur Bestimmung der Linearität.

Strahl noch in der Einfallsrichtung zurückgeworfen wird und beobachtet werden kann.

Dreieck  $0 P_l P_x$ :  $tg \alpha = \frac{B}{2 \cdot R \cdot \cos \alpha}$

Es ist aber auch  $tga = (dy/dx)_{max}$  der Auslenkung  $a$ ,

wo  $\left(\frac{dy}{dx}\right)_{max} = \frac{a \cdot 2 \cdot \pi}{\lambda}$  ist.

Die Wellenlänge auf der Schallplatte hängt einerseits von der Frequenz und andererseits vom Aufzeichnungsweg, bzw. der Registriergeschwindigkeit ab.

$$\lambda = \frac{2 \cdot \pi \cdot R \cdot n / 60}{f} \text{ wo } n = 78 \text{ min.}$$

in der obigen Gl. eingesetzt:

$$\left(\frac{dy}{dx}\right)_{max} = \frac{a \cdot 2 \cdot \pi \cdot f}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot n / 60} = tg \alpha = \frac{B}{2 R \cdot \cos \alpha}$$

$$\frac{a \cdot \omega}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot n / 60} = \frac{B}{2 \cdot R \cdot \cos \alpha}$$

Da  $\alpha$  sehr klein ist, kann  $\cos \alpha$  als 1 angenommen werden.

band jeweils zusammenfällt. Die Lichtbandmethode gestattet auch die Messung der Aussteuerungskurve. Hier wird bei einem bestimmten Ton (800 Hz) mit immer grössern Amplituden geschnitten und die Lichtbandbreite mit der Grösse der Eingangsspannung verglichen.

Nach einer andern Methode kann die Bestimmung einer statischen Aussteuerungskurve durch das Ankleben eines kleinen Spiegelchens an die Schneidespitze erfolgen. Der Schreiberspule wird hier zunächst in der einen und dann in der andern Stromrichtung ein immer grösser werdender Gleichstrom zugeführt. Durch den Vergleich der Stromwerte mit den entsprechenden Stichelablenkungen (Projektion wie Spiegelgalvanometer) erhält man die Amplitudenabhängigkeit des Schreibers. Das Umbiegen der zunächst geradlinigen Kurve zeigt deutlich den Beginn der Sättigungsgebiete (Uebersteuerung). Sofern die Masse des Spiegelchens diejenigen des Ankers nicht wesentlich beeinträchtigt, eignet sich auch diese Methode zur Messung der linearen Verzerrung.

Ebenso wichtig ist die Bewertung der nicht-linearen Verzerrung. Dies kann durch eine Klirrfaktormessbrücke geschehen, wo die Summe aller Oberharmonischen der Frequenzen  $2 \omega, 3 \omega, 4 \omega \dots$  aus der dem Verstärker zugeführten Grundschwingung  $\omega$ , bzw.  $z = A \cdot \cos \omega t$  durch Ausfiltrierung der Grundschwingung gemessen, bzw. verglichen wird.

$$K = \frac{\sqrt{A_2^2 + A_3^2 + A_4^2 + A_5^2 \dots}}{A_1} \cdot 100 \%$$

Diese Methode besitzt u. a. den Nachteil, nur die höher gelegenen harmonischen Obertöne zu erfassen, die praktisch nicht so auffallend sind, wie die gegenüber den Grundtönen tiefer gelegenen Differenztöne. Anders werden die Verhältnisse, wenn an Stelle von einer Frequenz deren zwei

$$\omega_1 + \omega_2 \text{ bzw. } z = A (\cos \omega_1 \cdot t + \cos \omega_2 t)$$

dem eventuell verzerrenden Aufnahmegeräte z. B.  $f(z) = a z + b z^2 + c z^3 + \dots$  zugeführt werden. Hier erhält man die Frequenzen:  $n \cdot \omega_1 \pm n' \cdot \omega_2$  wo  $n$  und  $n'$  beliebige ganze Zahlen sind. Von praktischer Bedeutung ist besonders die quadratische (unsym-

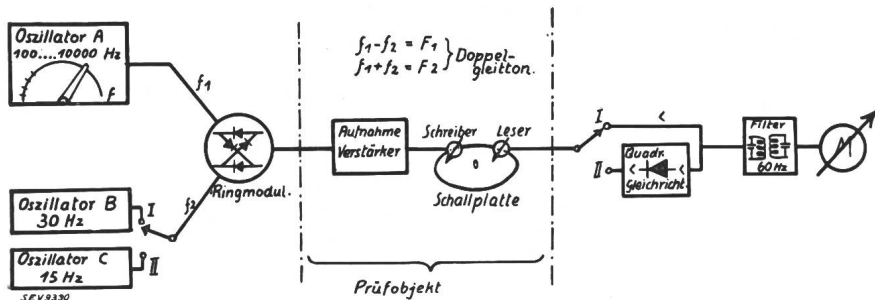


Fig. 7.

Messmethode zur Bestimmung der quadratischen und kubischen Verzerrung.

Die Geschwindigkeitsamplitude wird  $a \cdot \omega = B \cdot n / 60 \cdot \pi$ .

$n$  bleibt während der Aufnahme konstant.

Die Frequenzmarkierung erfolgt durch kurzzeitige Unterbrüche, z. B. je 500 Hz, wo das Licht-

metrische) und die kubische (symmetrische) Verzerrung. Solche Messungen werden nach der in Fig. 7 dargestellten Anordnung durchgeführt. In der Schalterstellung I werden die quadratischen und in der Stellung II die kubischen Verzerrungen

gemessen. Der Vorteil dieser Methode gegenüber der Klirrfaktormessung besteht ausserdem darin, dass die Messung bis an die obere Uebertragungsgrenze kontinuierlich über den gesamten Frequenzbereich erfolgen kann. Zur Messung der quadratischen Verzerrung beträgt die Oszillatorfrequenz  $A$  beispielsweise 1000 Hz und die des Oszillators  $B = 30$  Hz. Der Ringmodulator, welcher eine mit vier Gleichrichterelementen zusammengestellte Brücke sein kann, eliminiert sowohl die Grundfrequenz 1000 Hz wie 30 Hz, hingegen entstehen u. a. die beiden Frequenzen  $f_1 - f_2 = F_1$  und  $f_1 + f_2 = F_2$  (970 und 1030 Hz).  $F_1$  und  $F_2$  werden der Aufnahme-einrichtung zugeführt und in den Tonträger gezeichnet. Unter Voraussetzung einer quadratischen Verzerrung entstehen durch diese beiden Frequenzen wieder zwei neue Frequenzen  $F_1 - F_2$  und  $F_1 + F_2$ , wobei die erste Differenzfrequenz von 60 Hz durch das Messgerät  $M$  gemessen, bzw. mit der Grösse beider Eingangsamplituden prozentual verglichen wird. Bei der Messung der kubischen Verzerrung wird der Oszillator  $B$  auf  $C$ , bzw. die Frequenz 30 Hz auf 15 Hz umgestellt. Im Ringmodulator entstehen jetzt die Frequenzen 1015 Hz und 985 Hz. Unter Voraussetzung der kubischen Verzerrung treten insbesondere die Frequenzen  $2F_1 - F_2$

und  $2F_2 - F_1$  (1045 und 955 Hz) auf. Die Schallplatte erhält somit die Aufzeichnung der Frequenzen  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $2F_1 - F_2$ ,  $2F_2 - F_1$  (955, 985, 1015, 1045 Hz). Werden diese vier Töne einem quadratischen Gleichrichter zugeführt, so erhält man u. a.

$$(2F_2 - F_1) - F_1 = 60 \text{ Hz und } F_2 - (2F_1 - F_2) = 60 \text{ Hz.}$$

Somit kann mit dem gleichen Filterkreis (60 Hz) auch die kubische Verzerrung gemessen werden.

Die Schallplattenaufzeichnung besitzt gegenüber der Originaldarbietung bewusste Fälschung. Dies wäre zunächst der Lautstärkeabfall oberhalb 7000 Hz und unterhalb 250 Hz. Durch eine Bass- und Höhenanhebung in der Wiedergabevorrichtung tritt eine wesentliche Verbesserung ein.

Eine weitere Einschränkung besteht im Lautstärkeunterschiedsbereich (Dynamik), d. h. zwischen pianissimo und forte, die beim Originalorchester bis zu 100 dB (1:100 000) betragen kann und auf der idealen Wachsaufnahme infolge des Nadelgeräusches nach unten und des Rillenabstandes nach oben (250 Hz) nur 50 dB (ca. 1:300), bzw. bei der gepressten Schallplatte nur 30 dB beträgt. Eine zweckmässige Korrektur ist die Dynamikentzerrung im Wiedergabeverstärker.

## Ueber die Vereisung der Fahrleitung der Birseckbahn (BEB) in der Nacht vom 1./2. Januar 1941.

Mitgeteilt von der Direktion der Birseckbahn, Arlesheim.

621.332.3.0046

*Infolge Eisbildung an der Fahrleitung und Durchschmelzen des Drahtes entstand eine Betriebsstörung. Mit einer Notvorrichtung zum Abstossen des Eises, welche an einem Pantographen angebracht wurde, konnte die Fahrleitung freigegeben werden.*

*Une couche de glace s'étant formée sur la ligne de contact d'un tramway et cette ligne ayant fondu en quelques endroits, il en résulta une interruption de service. Le montage d'un dispositif de fortune sur un tramway pour enlever la glace, permit d'en débarasser la ligne de contact.*

Der Neujahrstag 1941 war regnerisch. Abends 17 Uhr fiel leichter, aber kalter Regen. Die höheren Luftschichten waren warm und auf der Erde betrug die Temperatur um  $0^\circ$ , so dass der Regen eine erhebliche Eisbildung an der Fahrleitung verursachte. Nur mit aller Mühe konnte der Verkehr bis ca. 22 Uhr aufrechterhalten werden. Ab 22.10 Uhr war jeglicher Verkehr auf der ganzen Linie eingestellt. An den Steigungen war es unmöglich, vorwärts zu kommen. Der Kurs, welcher Basel um 21.00 verliess, konnte mit aller Mühe noch die Steigung zwischen Münchenstein-Arlesheim, die durchschnittlich 5% beträgt, überwinden und erreichte Arlesheim erst um ca. 22.05 (fahrplanmässige Ankunftszeit 21.22). Aber schon der darauffolgende Kurs blieb zwischen den Haltestellen Baselstrasse-Arlesheim im Lee infolge Durchbrennens der Fahrleitung stehen.

Die Motorwagen der BEB sind mit den Pantograph-Stromabnehmern von Brown Boveri mit Kohlschleifstücken ausgerüstet. Infolge der Querdrahtaufhängung der Fahrleitung können die Federn dieser Stromabnehmer nicht allzustark gespannt werden, wodurch in diesem speziellen

Fall keine einwandfreie Stromabnahme mehr gewährleistet war, denn an den Fahrdrähten hatte sich inzwischen eine Eisschicht von 8...10 mm Stärke gebildet. Durch die Eisbildung an der Fahrleitung sowie auf den Kohlschleifstücken entstand immer wieder ein Stromunterbruch. Anfänglich konnte das Eis noch durch die bei der Funkenbildung entstandene Wärme geschmolzen werden. Auf diese Art konnten sich die Wagen nur meterweise vorwärtsbewegen.

Inzwischen wurde aus Dornach ebenfalls ein Fahrleitungsbruch durch Schmelzen des Kupferdrahtes gemeldet. Sofort wurden diese beiden Unterbruchstellen notdürftig repariert. In Arlesheim wurden vom Werkstättenpersonal die Kohlschleifstücke eines Pantographen durch Aluminium-Schleifstücke ersetzt. Mit dem so ausgerüsteten Wagen wurde dann ein erster Versuch zum Abstossen des Eises an der Fahrleitung unternommen, der jedoch misslang.

Alsdann wurde an einem Bügel Stahlblech von 3 mm beidseitig der Kohlschleifstücke angebracht. Während man sehr langsam fahren konnte,