Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 22 (1931)

Heft: 7

Artikel: Aus Physik und Technik der Elektronenröhre : Bericht über die 5. akademische Diskussionsversammlung in der Eidg. Technischen Hochschule in Zürich : Donnerstag, den 29. Januar 1931

Autor: Tank, F.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1060506

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: 02.10.2025

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

SCHWEIZERISCHER ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

BULLETIN

REDAKTION:
Generalsekretariat des Schweiz. Elektrotechn. Vereins und des Verbandes Schweiz. Elektrizitätswerke, Zürich 8, Seefeldstr. 301

VERLAG UND ADMINISTRATION:
Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei A.-G., Zürich 4
Stauffacherquai 36/38

Nachdruck von Text oder Figuren ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit Quellenangabe gestattet

XXII. Jahrgang | N° 7 | Mittwoch, 1. April 1931

Aus Physik und Technik der Elektronenröhre.

Bericht über die 5. akademische Diskussionsversammlung in der Eidg. Technischen Hochschule in Zürich

Donnerstag, den 29. Januar 1931.

Referat [1]) von Prof. Dr. *F. Tank*, Zürich.

621.385

Im Rahmen der von der Elekrotechnischen Abteilung der Eidgenössischen Technischen Hochschule organisierten Akademischen Diskussionsabende hielt am 29. Januar d. J. Herr Prof. Dr. F. Tank einen Experimentalvortrag über die Anwendungen der Elektronenröhre, ein Thema, das seit einiger Zeit auch auf dem Gebiete der Starkstromtechnik zu grosser Bedeutung gelangt ist, dank der vielseitigen Verwendungsmöglichkeit der Elektronenröhre zu Mess- und Regulierzwecken und zur Nachrichtenübermittlung im Elektrizitätswerksbetrieb.

Der Referent besprach die Wirkungsweise und eine grosse Reihe von Anwendungen der Elektronenröhre, die er in Experimenten und Lichtbildern vorführte. In der anschliessenden Diskussion gab ein Vertreter der Industrie ein Beispiel von industriellen Messungen und ein Vertreter der Elektrizitätswerke machte Angaben über die Hochfrequenztelephonie im schweizerischen Werksbetrieb; ferner wurde die Frage erörtert, weshalb in der Schweiz die Elektronenröhren- und Radioindustrie keinen Fuss fassen konnte.

Dans le cadre des soirées de discussion académiques organisées par la division d'électrotechnique de l'Ecole Polytechnique Fédérale, M. le professeur F. Tank a donné une conférence avec démonstrations sur les applications du tube électronique, sujet qui, depuis un certain temps, a pris une importance considérable aussi pour la technique des courants forts grâce aux multiples possibilités d'utilisation du tube électronique pour les mesures et le réglage ainsi que pour les communications à distance entre les centrales.

L'orateur expliqua le fonctionnement du tube électronique et en montra diverses applications, soit par des expériences, soit par des projections lumineuses. Dans la discussion qui suivit, un représentant de l'industrie donna un exemple de mesures industrielles et un représentant des centrales exposa en quelques mots la téléphonie à haute fréquence entre centrales. En outre on chercha à approfondir la question pourquoi l'industrie des tubes électroniques et celle de la radio n'ont pas pu prendre pied en Suisse.

1. Die Erfahrung lehrt, dass jede Verfeinerung unserer physikalischen Beobachtungsmittel von einer Erweiterung unseres wissenschaftlichen Gesichtskreises gefolgt ist. Die Erfindung des Fernrohrs bereicherte unsere Kenntnisse vom gestirnten Himmel in einem solchen Masse, dass wir heute nicht nur von einzelnen Sternen oder Sterngruppen sprechen, sondern von ganzen Sternwelten, deren gegenseitige Entfernungen nach Millionen von Lichtjahren zählen. Eine Welt, die «kleiner ist als klein», wurde uns durch das Mikroskop enthüllt. Es zeigte dem Naturforscher die Zelle, dem Arzt den Krankheitserreger, dem Metallurgen die Mikrostruktur der Metalle.

Heute möge unsere Aufmerksamkeit einem Instrumente zugewendet sein, das zufolge seiner Neuartigkeit und mannigfachen Anwendungsmöglichkeit Beachtung verdient: es ist die Elektronenröhre. Die Elektronenröhre in ihrer eigentlichen Verwendung ist ein Verstärker schwacher elektrischer Wechselströme, gewissermassen ein Wechselstrom-Mikroskop. Aber die Grenzen der Leistungsfähigkeit dieses Mikroskopes sind nicht schon bei tausendfacher Vergrösserung erreicht, nein, hunderttausendfache Verstärkungen elektrischer Spannungen und milliardenfache Verstärkungen der Leistungen liegen durchaus im Bereiche der technischen Möglichkeiten. Es ist bekannt, dass die Elektronenröhre ausserdem als vorzüglicher Wechselstrom-Gleichrichter dient und in besonderem Masse geeignet ist, sehr konstante elektrische Schwingungen beinahe beliebiger Periodenzahl zu erzeugen. All diese Eigenschaften schienen es mir zu rechtfertigen, die Elektronenröhre und ihre Anwendungen einmal in den Mittelpunkt eines akademischen Diskussionsvortrages zu stellen.

2. Seit mehr als zweihundert Jahren weiss man, dass glühende Körper die Fähigkeit besitzen, ihrer Umgebung eine elektrische Leitfähigkeit zu erteilen. So wird z. B. in der Nähe eines glühenden Platindrahtes ein Elektroskop entladen (Versuch) [1]).

Die Physiker begannen in den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts, sich mit diesem «glühelektrischen Effekt» näher zu befassen; allein die

[1]) Demonstrationen und Lichtbilder bildeten einen wesentlichen Teil des Vortrages; wir glaubten daher, an gegebener Stelle in diesem Referate wenigstens darauf hinweisen zu müssen; ein Teil der gezeigten Lichtbilder ist hier wiedergegeben (Fig. 1 bis 23).

Erscheinungen erwiesen sich zunächst als sehr verwickelt und widerspruchsvoll.

Es war *Edison*, der geniale Erfinder der Glühlampe, welcher den Weg zu einer grundlegenden Verbesserung wies. Er zeigte, dass der geschilderte Effekt in viel eindeutigerer Weise besteht, wenn der Versuch im *Vakuum* ausgeführt wird. Führt man einen Draht oder ein Blech in eine Glühlampe ein, so fliesst nur ein Strom zwischen Elektrode und Glühfaden, sofern erstere Anode, letzterer Kathode ist, im umgekehrten Sinne aber nicht (Versuch). Dieses Verhalten ist so zu erklären, dass der heisse Glühfaden Elektronen emittiert, welche wegen ihrer negativ elektrischen Ladung nur auf eine positive Gegenelektrode gelangen können.

3. *Richardson* hat als erster die Glühelektronenemission in Parallele zu einem thermodynamischen Verdampfungsprozess gesetzt und aus diesem Bilde heraus mit Erfolg eine Formel für den maximal zu erreichenden Strom (Sättigungsstrom) hergeleitet

$$I_s = A\,T^2\,e^{-\frac{b}{T}}$$

(A Konstante, T absolute Temperatur, e Basis der natürlichen Logarithmen, b Materialkonstante). Seine Formel hat sich, trotz einigem Wandel der Anschauungen, bis heute aufrecht erhalten können.

4. Man erkennt mit ihrer Hilfe leicht, dass einer Steigerung der Elektronenemission durch Temperaturerhöhung Grenzen gesetzt sind infolge der festliegenden Schmelzpunkte der Metalle, unter welchen nur das Wolfram eine bevorzugte Stellung einnimmt.

Es stellt sich also, als ein Problem von bedeutender technischer Tragweite, die Frage, ob es gelingt, die Grösse b der Glühkathodenstoffe zu verkleinern. Dieser Grösse entspricht die elektrische *Austrittsarbeit* der Elektronen oder, in thermodynamischem Bilde gesprochen, die Verdampfungswärme. Erleichterung der Elektronenverdampfung bedeutet also Herabsetzung der Potentialschwelle Metall-Aussenraum.

Eine glückliche Beobachtung wies den zu beschreitenden Weg. Man weiss aus der Glühlampentechnik, dass es sehr schwierig ist, einen dauerhaften Wolframfaden herzustellen. Der Grund der mit der Zeit eintretenden Brüchigkeit liegt in einer teilweisen Rekristallisation des Glühfadens. (Lichtbild eines nach dem Hämmerverfahren hergestellten Wolframdrahtes mit deutlich erkennbarer Ziehstruktur, s. Fig. 1; Lichtbild eines gebrannten Glühfadens mit ausgeprägter Rekristallisation, s. Fig. 2). Man kann die genannte Schwierigkeit verhüten, indem man entweder von Anfang an einheitliche Kristalle als Glühfaden verwendet (Lichtbild eines Einkristall-Wolframdrahtes von Pintsch nach 8000 Stunden Brenndauer, s. Fig. 3), oder indem man die Rekristallisation durch einen geringen Zusatz von Thoriumoxyd unterdrückt. Bei der Untersuchung solcher thorierter Wolframfäden ergab sich die überraschende Tatsache, dass bei richtiger Temperaturbehandlung die Emissionsfähigkeit der Drähte stieg. Die Verhältnisse wurden vor allem von *Langmuir* und seinen Schülern eingehend studiert und führten zu der Erkenntnis, dass die Thoriumatome aus dem Innern auf die Oberfläche des Wolframs diffundieren, wo sie eine Schicht von Moleküldicke bilden. Diese «monomolekulare» Schicht ist bereits imstande, einen wesentlich verringerten Potentialsprung zu verursachen, so dass die Austrittsarbeit der Elektronen verkleinert wird und bei gegebener Temperatur ungleich mehr Elektronen «verdampfen».

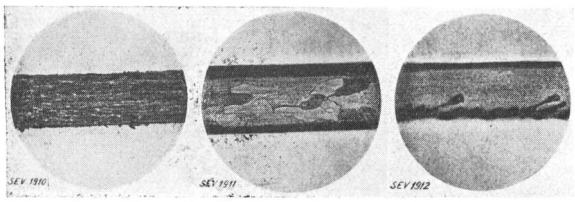

Fig. 1. Nach dem Hämmerverfahren hergestellter Wolframdraht (Ziehstruktur).

Fig. 2. Rekristallisierter Wolframdraht.

Fig. 3. Pintschdraht nach 8000 Stunden Betriebszeit.

(Mikrophotographien.)

Eine ähnliche Wirkung wie Thorium hat Cäsium. Mit Hilfe eines elektrischen Feldes werden die Cäsiumionen in einer Cäsiumatmosphäre in die Oberfläche des Wolframs «eingehämmert». Dagegen vermögen wieder Spuren von Sauerstoff und Wasserdampf, auch Stickstoff, eine elektrische Doppelschicht im ungünstigen Sinne zu erzeugen und die Austrittsarbeit der Elektronen zu erhöhen.

Zur Beherrschung eines so wichtigen technischen Problems, wie es die Erhöhung der Emission von Glühfäden darstellt, ist also ein hohes Mass von Kenntnis der Atomphysik notwendig. Die Diffusion von Atomen durch das Gefüge eines festen Körpers, der Einbau von Fremdatomen in kristalline Oberflächen, die elektrischen Potentialsprünge vom Innern eines Körpers in den Aussenraum: all dies sind Fragen, welche nicht nur die reine Physik beschäftigen, sondern welche heute auch technisches Interesse besitzen.

Seit geraumer Zeit ist auch bekannt, dass die Oxyde der Erdalkalien, wie CaO, BaO, SrO, schon bei verhältnismässig niederen Temperaturen eine kräftige Elektronenemission zeigen (Oxydkathoden von Wehnelt). Diese Vorgänge sind aber noch nicht restlos geklärt und erweisen sich jedenfalls als komplizierter als das Wolfram-Thorium- oder das Wolfram-Cäsium-Problem.

5. Die Technik der Herstellung von Elektronenröhren hat sich im Anschluss an die Glühlampenindustrie entwickelt, ist im Laufe der Zeit aber hinsichtlich der verwendeten Methoden weit über diese hinaus fortgeschritten. So verdanken wir der Herstellung der Elektronenröhre vor allem die Entwicklung der Hochvakuumtechnik. Es ist ein Thema für sich, von den physikalischen und technischen Problemen der Hochvakuumtechnik zu sprechen; hier sei als Beispiel nur die Messung geringster Drucke bis herab zu 10^{-6} mm Quecksilbersäule mit Hilfe der Elektronenröhre erwähnt.

Das sogenannte *Ionisationsmanometer* besteht aus einer Elektronenröhre, welche ausser Glühkathode und Anode noch eine dritte Hilfselektrode besitzt. Letztere wird an ein negatives Potential gelegt. Bei genügend hoher Anodenspannung tritt Ionisation des Gasinhaltes infolge Elektronenstoss ein und die positiven Ionen wandern auf die Hilfselektrode, wo sie einen messbaren Strom verursachen. Die Apparatur wird geeicht oder ihre Empfindlichkeit durch Rechnung ermittelt. (Lichtbild der Schaltungen eines Ionisationsmanometers, s. Fig. 4; Versuch über das Einsetzen der Stossionisation in einer gasgefüllten «Triode».)

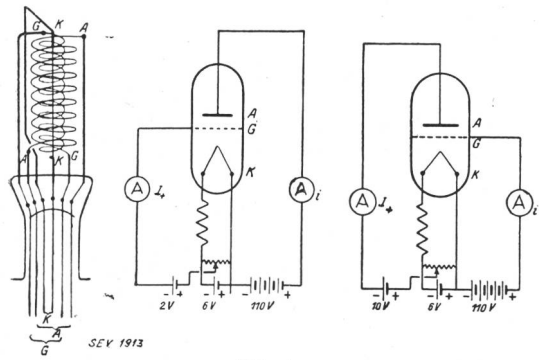

Fig. 4.
Jonisationsmanometer und Messchaltungen.

6. Vermöge des Stromtransportes durch reine Elektronenentladung stellt die Elektronenröhre schon in ihrer einfachsten Form einen absolut zuverlässigen *Gleichrichter* für Wechselstrom dar. Im allgemeinen kommt sie als Gleichrichter in Betracht für hochgespannte Ströme verhältnismässig geringer Stromstärke, also zur Speisung von Röntgenapparaten, von Radiosendern usw. Von grosser Bedeutung sind Gleichrichtergeräte geworden für den Betrieb von Radioempfangsapparaten, wo sie die sogenannten «Anodenbatterien» beinahe vollständig verdrängt haben und durch die Möglichkeit des Anschlusses an das Wechselstromnetz dem Radioempfangsapparat erst eigentlich eine ausgedehnte Verbreitung gesichert haben. (Versuch: Gleichrichterwirkung einer Glühkathodenröhre, demonstriert mit Glimmlichtröhre und rotierendem Spiegel.)

7. Durch Einbau einer dritten Elektrode, der Steuerelektrode oder des Gitters, gelangt man zur sogenannten *Triode*. Ihre weittragende Bedeutung verdankt sie bekanntlich ihrer Relaiswirkung, indem Gitterspannungsschwankungen von geringem Energiebetrage Anodenstrom- bzw. Anodenspannungsschwankungen von grossem Energiebetrage auslösen können. Die Gleichrichterwirkung der Triode mit der Verstärkerwirkung kombiniert (insbesondere in der sogenannten «Audion»-Schaltung) ist eine namentlich im Radiogebiet sehr häufige Anwendung. Sie führt ferner zum «*Röhrenvoltmeter*», bei welchem Wechselspannungsschwankungen im Gitterkreis an einem Gleichstrominstrument im Anodenkreis abgelesen werden können. Die Vorteile eines solchen Röhrenvoltmeters sind neben geringster Strom- bzw. Leistungsaufnahme: kleine Kapazität, hoher innerer Widerstand, weitgehende Frequenzunabhängigkeit und, bei vielstufiger Schaltung, sehr hohe Empfindlichkeit.

8. Die ganze Verstärkertheorie der Trioden lässt sich ausgehend von der für die Vorgänge im Anodenkreis massgebenden Formel behandeln

$$\frac{e_g}{D} = i_a (\Re_a + R_i)$$

(e_g Gitterwechselspannung, D Durchgriff der Röhre, i_a Anodenwechselstrom, $\Re_a$ äusserer Widerstand im Anodenkreis, R_i innerer Widerstand der Röhre. Es gilt noch die bekannte Beziehung $D\,R_i\,S = 1$; S Steilheit der Gitterspannungs-Anodenstromcharakteristik).

Die Art der Schaltungen, die Verschiedenartigkeit des äusseren Widerstandes $\Re_a$, die Frage der Rückwirkungen der verstärkten Anodenseite auf die unverstärkte Gitterseite, ganz allgemein die Fragen der günstigsten Anpassungen bringen es mit sich, dass wir heute über eine sehr grosse Mannigfaltigkeit von Röhrentypen verfügen, die je nach ihrem besonderen Zweck zu verwenden sind.

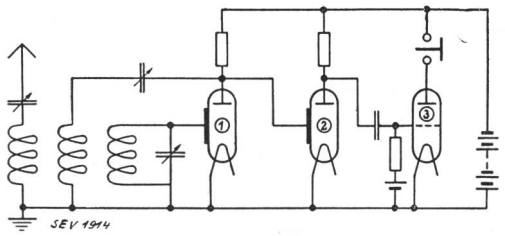

Fig. 5.
Prinzipielle Schaltung des Telefunkenempfängers T 12 mit Aussensteuerröhren.

(Lichtbild einer Aussensteuerröhre von Telefunken nebst Schaltungsschema als Beispiel einer Verstärkeranordnung kleiner Abmessungen, siehe Fig. 5; Lichtbild des Leistungsverstärkers der englischen Sendestation Rugby als Beispiel eines Verstärkers grösster Ausmasse.)

Demonstrationen der Verstärkerwirkung:

a) Geräusche beim Ummagnetisieren von Eisen nach Barkhausen (Phys. Zeitschr. 20, 1919, S. 401);
b) Erzeugung von Tönen durch rasch intermittierende Belichtung einer photo-elektrischen Zelle (Prinzip des Tonfilms).

Es gelang *W. Schottky* durch weitgehende Verstärkung die spontanen feinen Schwankungen des Elektronenemissionsstromes zu messen und damit sogar das Fliegen eines einzelnen Elektrons nachzuweisen.

9. Die Leichtigkeit, mit Hilfe von Mikrophonen der verschiedensten Konstruktion mechanische Vibrationen in Wechselströme umzusetzen und diese weiter zu verstärken und zu messen, hat zu einem grossen Aufschwung der *Schwingungsforschung* geführt.

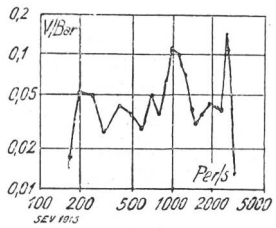

Fig. 6.
Frequenzkurve eines normalen Fernsprechmikrophons.

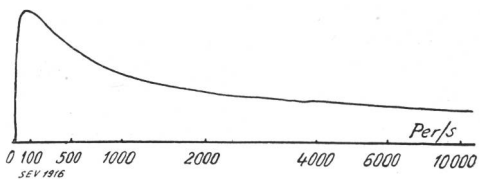

Fig. 7.
Frequenzkurve eines Kondensatormikrophons.

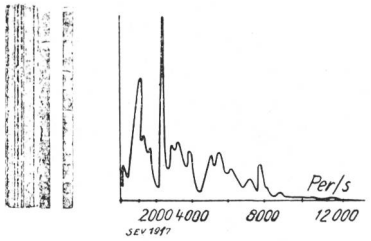

Fig. 8.
Tonspektrum des Geräusches eines Staubsaugers (nach Grützmacher). Schalleistung in Funktion der Frequenz.

Nie hat sich die Akustik in einer solch fruchtbaren Entwicklung befunden wie heute, nachdem es gelungen ist, mit Hilfe der Elektronenröhren Messapparaturen auch für die geringsten Schallenergien herzustellen. Dabei ist zu bedenken, dass unser Ohr ein eminent empfindliches Organ ist, mit welchem verglichen unsere gewöhnlichen Messinstrumente ausserordentlich grob erscheinen.

Demonstrationen aus dem Gebiete der Akustik und Schwingungstechnik:

a) Besprechen eines Kohlemikrophons und verstärkte Wiedergabe durch Verstärker und Lautsprecher;
b) Lichtbild einer mikroskopischen Vergrösserung der Furchen einer Grammophonplatte;
c) Wiedergabe von Musik durch Grammophonplatte, elektromagnetisches Mikrophon, Verstärkung und Lautsprecher;
d) Lichtbilder der Empfindlichkeitskurven eines Kohlemikrophons (s. Fig. 6), eines elektromagnetischen Fernhörers, eines Kondensatormikrophons (s. Fig. 7), eines Lautsprechers in Abhängigkeit von der Freuenz;
e) Lichtbild des akustischen Spektrums eines Staubsaugers, s. Fig. 8;
f) Tabelle der Schalldrucke, Schwingungsweiten und Schalleistungen verschieden hoher Töne an der Grenze der minimalen Hörbarkeit (Tabelle I);

Frequenz f in Per/s	Schalldruck p^{min} in dyn/cm²	Schwingungsweite A in 10^{-6} cm	Schalleistung N in 10^{-6} W/cm²
32	2,5	450	$1{,}5 \cdot 10^{-2}$
64	0,12	10,8	$3{,}4 \cdot 10^{-5}$
128	0,021	0,94	$1{,}0 \cdot 10^{-6}$
256	0,0039	0,088	$3{,}6 \cdot 10^{-8}$
512	0,001	0,011	$2{,}3 \cdot 10^{-9}$
1024	0,00052	0,0029	$6{,}5 \cdot 10^{-10}$
2048	0,00041	0,00115	$4{,}0 \cdot 10^{-10}$
4096	0,00042	0,00059	$4{,}2 \cdot 10^{-10}$
8192	0,002	0,0014	$9{,}5 \cdot 10^{-9}$
16384	0,1	0,035	$2{,}3 \cdot 10^{-5}$

g) Messung von Schallintensitäten mit dem Kondensatormikrophon und Verstärker (Röhrenvoltmeter);
h) Vibrationen eines laufenden Motors, ferner eines ruhenden Motors auf erschütterter Unterlage; beides nachgewiesen mit Hilfe eines Schüttelmikrophons, Verstärkers und Demonstrationsoszillographen.

10. Als Druckmesser und Erschütterungsmesser findet auch häufig der *piezoelektrische Quarz* in Verbindung mit Verstärkern Anwendung. Eine in richtiger Weise aus dem Kristall herausgeschnittene Platte wird unter dem Einfluss innerer Spannungen elektrisch polarisiert, so dass sich ihre Flächen elektrisch aufladen. Je nachdem es sich um Zug oder Druck handelt, ist das Vorzeichen der Aufladung verschieden; der Betrag derselben ist den

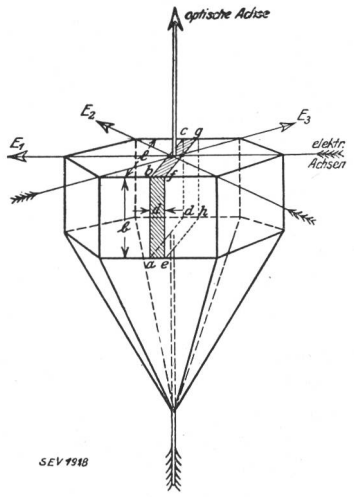

Fig. 9.
Quarzkristall mit der optischen und den elektrischen Achsen.

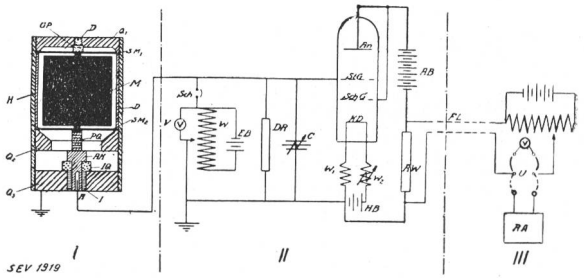

Fig. 10.
Der registrierende Beschleunigungsmesser der «Prospektion» G. m. b. H. (Göttingen) nach dem Piezo-Quarzplattensystem.
I Erschütterungsmesser.
II Umformer und Aichungsvorrichtung.
III Registrierapparat.

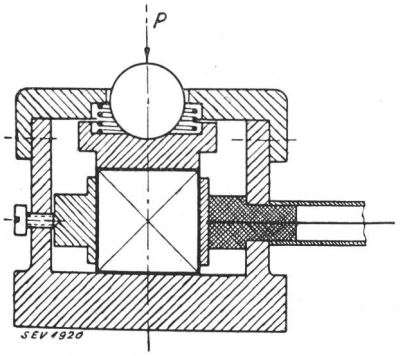

Fig. 11.
Quarzdruckkammer des Messgerätes von Kluge und Linckh zur piezoelektrischen Messung von Druck- und Beschleunigungskräften (vergl. VDI 1929, 73, S. 1311).

wirkenden Kräften streng proportional. Der piezoelektrische Quarz gleicht also einem Mikrophon oder einer Oszillographenschleife mit vollkommen

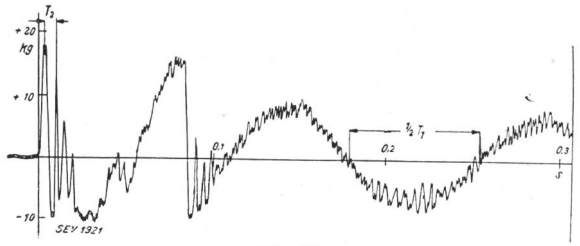

Fig. 12.
Stossbeanspruchung eines Stahldrahtes, aufgenommen mit dem piezoelektrischen Messgerät von Kluge und Linckh.

amplitudenproportionaler und, wegen seiner hohen mechanischen Eigenfrequenz, frequenz-unabhängiger Skala. Der piezoelektrische Effekt ist umkehrbar: einem eingeprägten elektrischen Feld entspricht je nach der Feldrichtung eine mechanische Dilatation oder Kontraktion. Dieser inverse Effekt ist von Bedeutung bei der Verwendung des Quarzes als Resonator oder Generator (Vergl. 12 *d* und 12 *f*). Bei langsamen Aenderungen ist auf die Qualität der Isolation zu achten.

Demonstrationen:

a) Lichtbild eines Quarzkristalles mit eingezeichneten Begrenzungsflächen einer piezoelektrisch empfindlichen Platte, s. Fig. 9;

b) Demonstration des Druckeffektes mit Hilfe eines Elektrometers;

c) Lichtbild des registrierenden Beschleunigungsmessers der «Prospektion» G. m. b. H. nach dem Piezo-Quarzplattensystem, s. Fig. 10;

d) Lichtbild der Stossbeanspruchung eines Stahldrahtes, aufgenommen mit dem piezoelektrischen Messgerät von Kluge und Linckh, s. Fig. 12.

11. Leitet man sehr schwache, durch hohe Widerstände fliessende Gleichströme auf das Gitter einer Verstärkerröhre, so stellen sich je nach dieser Stromstärke verschiedene Gitterpotentiale ein, welche ihrerseits den Anodenstrom steuern. Bei geeigneter Einregulierung lassen sich auf solche Weise tausendfache und hunderttausendfache Verstärkerwirkungen an Gleichströmen erzielen. Von Bedeutung ist dieses Verfahren für die Zwecke hochempfindlicher *Photometrie* mit photoelektrischen Zellen oder zur Messung von Ionisationsströmen (z. B. in Instrumenten zur Dosierung der Intensität von Röntgenstrahlen).

12. Bekanntlich lässt sich jeder Verstärker in Verbindung mit einem Schwingungskreis, sei dieser nun elektrischer oder mechanischer Natur, in einen *Generator elektrischer* oder *mechanischer Schwingungen* umwandeln. Nach dem *Rückkopplungsprinzip* wird durch die einmal vorhandenen Eigenschwingungen des Schwingungskreises der

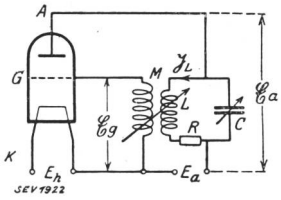

Fig. 13.
Röhrengenerator in induktiver Rückkopplungsschaltung.

Steuermechanismus des Verstärkers betätigt und dem Schwingungskreise neue Energie zugeführt. Sobald diese die Verluste direkt oder überkompensiert, findet ein Anschwingen statt, welches bei einer bestimmten erreichten Amplitude in einen Dauerzustand übergeht. Die durch Elektronenröhren erzielten Schwingungen zeichnen sich durch hohe Konstanz sowohl der Frequenz als auch der Amplitude aus.

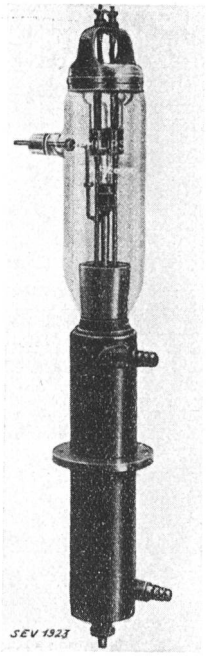

Fig. 14.
Wassergekühlte Senderöhre von Philips (zugeführte Gleichstromleistung bei Telegraphie 40 kW).

Demonstrationen:

a) Lichtbild einer induktiven Rückkopplungsschaltung (Transformatorschaltung), s. Fig. 13;

b) Schwingungen eines Röhrengenerators, Frequenz von ca. 3 Per/s;

c) Schwingungen eines Röhrengenerators, Frequenz ca. 100 bis 8000 Per/s;

d) Schwingungen eines Röhrengenerators für Hochfrequenz, ca. $3 \cdot 10^5$ bis ca. $1 \cdot 10^6$ Per/s; Kontrolle der Frequenz mit Quarz-Frequenz-Normal in Neonatmosphäre; Frequenzmessung genauer als ± 0,1 ‰; Lichtbild einer Senderöhre, s. Fig. 14;

e) Erregung der Eigenschwingungen einer Stimmgabel (Stimmgabelgenerator), von Bedeutung für Frequenzmessungen;

f) Erregung der Eigenschwingungen eines piezoelektrischen Quarzes (Quarzgenerator), durch höchste Frequenzkonstanz ausgezeichnet. Schaltungen vergl. Fig. 15;

g) Lichtbild des Senderaumes der Radiostation Nauen mit Kontroll-Meßsender (Genauigkeit 1/100 ‰).

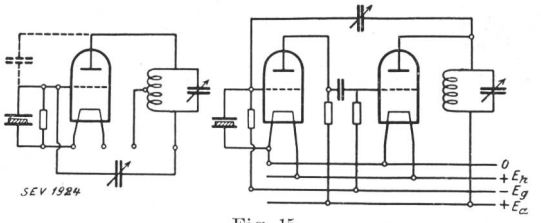

Fig. 15.
Selbsterregerschaltungen mit Quarzresonator im Gitterkreis.

13. Die Ueberlagerung zweier Schwingungen führt zu den bekannten *Schwebungen* oder Stössen, deren Periodenzahl gleich der Frequenzdifferenz der beiden Schwingungen ist. Je hochfrequenter und je weniger verschieden dieselben von einander sind, umso empfindlicher wird der Ueberlagerungseffekt auf geringste Frequenzänderungen einer der beiden Komponenten. Ueberlagert man Schwin-

gungen zweier Röhrengeneratoren in einer Empfangsapparatur, so lassen sich kleinste Kapazitätsänderungen ihrer Schwingungskreise durch Aenderung des Ueberlagerungstones nachweisen.

Demonstration:

Ueberlagerung der Schwingungen zweier Hochfrequenzgeneratoren. Nachweis der mikroskopisch kleinen Durchbiegung der einen Platte eines Plattenkondensators infolge Auflegens kleiner Gewichte.

14. Das Studium der durch Elektronenröhren erregbaren Schwingungen hat ganz allgemein dazu beigetragen, unsere Kenntnisse von den Schwingungsvorgängen zu vertiefen. So lassen sich mit Hilfe von Elektronenröhren auch Schwingungen in Systemen erzeugen, welche nur Widerstände und Kapazitäten oder nur Widerstände und Induktivitäten, also keine eigentlichen Schwingungskreise besitzen. Man pflegt sie in die grosse Klasse der *Kippschwingungen* einzuordnen; ihre Frequenz ist abhängig von der Amplitude.

Demonstration:

Langsame Schwingungen des *Multivibrators* nach Abraham und Bloch.

15. Das eigentliche Gebiet der Elektronenröhre, das Gebiet, das durch sie gross geworden ist und das seinerseits wieder am meisten Einfluss auf ihre Entwicklung ausgeübt hat, ist die *drahtlose Telegraphie* und *Telephonie*. Es ist hier nicht der Ort, auf die technischen Einzelheiten dieses wichtigen Zweiges der elektrischen Nachrichtentechnik einzugehen. Nur zwei Etappen der Entwicklung seien kurz beleuchtet: Die enorme Steigerung der Reichweiten und die Verbreitung des Rundfunks.

Wiederholt sind telegraphische Signale registriert worden, welche mehr als einen einfachen Weg um die Erde zurücklegten, ja sogar Signale,

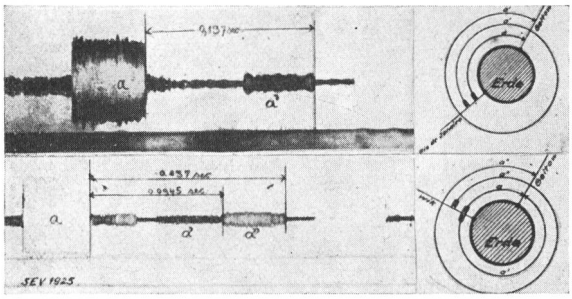

Fig. 16.
Oszillographische Aufnahmen von Mehrfachzeichen bei kurzen Wellen.
Oben: Doppelzeichen des Senders S P U (15,5 m Wellenlänge) Rio; *a* direktes Zeichen, *a'* dasselbe Zeichen, das mit dem direkten Zeichen nochmals die Erde umkreist hat.
Unten: Dreifachzeichen des Senders W I K (21,45 m Wellenlänge) Rocky Point; *a* direktes Zeichen, *a'* erstes Doppelzeichen, das den andern Weg um die Erde nach Geltow durchlaufen hat, *a"* das zweite Doppelzeichen, das mit dem direkten Zeichen die Erde noch einmal umkreist hat.

welche nach Sekunden an ihren Ausgangsort zurückkehrten und demzufolge Wege zurückgelegt haben mussten, welche einem Mehrfachen der Entfernung Erde—Mond entsprachen. Solche Signale sind Sonden, welche weit in die obersten Atmosphärenschichten hinaufdringen und wichtige Aufschlüsse aus dem Gebiete der kosmischen Physik zu geben imstande sind. (Lichtbild eines Oszillogrammes von Mehrfachsignalen, siehe Fig. 16.)

Der Rundfunk, der erst nach dem Kriege Allgemeingut der Völker werden konnte, hat sich in kurzer Zeit nicht nur in technischer Hinsicht ausserordentlich vervollkommnet, sondern er hat es bereits verstanden, ein Faktor unseres alltäglichen Lebens zu werden. Man wird für alle Zukunft mit dem Rundfunk als einer dauernden Einrichtung rechnen müssen. Einige Zahlen mögen sprechen:

Nach den Statistiken beträgt in den Vereinigten Staaten, welche insgesamt 120 Millionen Einwohner zählen, die Zahl der in Gebrauch befindlichen Empfangsapparate etwa 10 Millionen und die Zahl der von den Empfängern erfassten Hörer etwa 30 bis 60 Millionen. Der Wert der Fabrikation von Rundfunkapparaten und Rundfunkbedarf betrug im Jahre 1927 etwa 200 Millionen Dollars und wurde für das Jahr 1929 auf 600 Millionen Dollars geschätzt, also auf rund 3 Milliarden Franken.

In Europa ist der Rundfunk besonders in England und in Deutschland gut organisiert. Deutschland mit seinen 60 Millionen Einwohnern besitzt rund 3 Millionen Radiohörer, von welchen jeder jährlich 24 Mark Konzessionsgebühren an den Staat bezahlt. Der deutsche Rundfunk beschäftigt beinahe 1000 Personen aus den künstlerischen und literarischen Berufen als feste Gehaltsempfänger, ausserdem als nebenberuflich Mitwirkende etwa 9000 Musiker, 2000 Sänger, 9000 Chormitglieder, 2000 Schauspieler, 1200 Rezitatoren usw.; er gab für Angehörige der künstlerischen und freien Berufe im Jahre 1929 die stattliche Summe von 14 Millionen Mark aus.

Die Schweiz zählt bereits 100 000 Radiokonzessionäre, eine Zahl, die in stetigem Wachsen begriffen ist und nicht mehr allzuweit von der Zahl unserer 200 000 Telephonabonnenten entfernt ist. Bei 15 Fr. Konzessionsgebühr hat die Obertelegraphendirektion gegenwärtig den Betrag von 1,5 Millionen Franken pro Jahr einzuziehen, welcher für den technischen, musikalischen, literarischen und organisatorischen Unterhalt des schweizerischen Rundfunks dient. Entsprechend den angegebenen Daten ist der Umsatz an Radioapparaten und Zubehör in der Schweiz auch durchaus nicht zu unterschätzen.

Demonstration:

Radioempfang verschiedener europäischer Sender.

16. Auch die *Drahttelephonie* und *-Telegraphie* macht weitgehend von den Anwendungen der Elektronenröhren Gebrauch.

Der drahtlosen Telephonie nahe verwandt sind zwei weitere Zweige der elektrischen Nachrichtentechnik: die *Hochfrequenztelephonie auf Leitungen*, insbesondere auf Starkstromleitungen und die *Bildtelegraphie*. Bei ersterer wird die Eigenschaft der elektromagnetischen Wellen ausgenützt, sich in bevorzugter Weise durch metallene Leiter führen zu lassen, bei letzterer handelt es sich, wie bei der

Telephonie, um eine Modulation der «Trägerwelle», nur dass diese Modulation nicht durch Mikrophonströme, sondern durch die Ströme einer entsprechend der Helligkeit der zu übertragenden Bildpunkte belichteten photoelektrischen Zelle ausgelöst wird. Sowohl Hochfrequenztelephonie längs Leitungen, als auch Bildübertragung sind für Elektrizitätswerke von Interesse. (Lichtbild des Bildsenders System «Karolus-Telefunken», siehe Fig 17.)

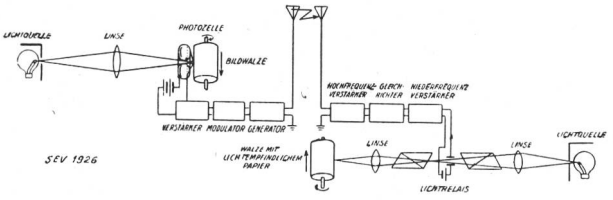

Fig. 17.
Prinzipielles Schaltschema der Bildübertragung nach dem System «Karolus-Telefunken».

17. Blicken wir zusammenfassend zurück, so zeigt sich, dass im knappen Zeitraume von zwanzig Jahren die Elektronenröhre in erstaunlicher Weise neugestaltend auf die Technik eingewirkt hat. Früher nicht gekannte Industriezweige sind entstanden. Grosse Glühlampenfabriken stellen jährlich Millionen von Radioröhren her. Nach den neuesten Grundsätzen rationellen Arbeitens werden Radioapparate in Serien von 10 000 bis 50 000 Stück hergestellt. Die räumlichen Entfernungen haben sich verkürzt, Sprache und Bild dringt zu uns von den entferntesten Orten. Es kann nicht anders sein, als dass solche Umwälzungen technischer Natur auch Lebensweise und Zeitgeist der Völker beeinflussen. Es ist die Aufgabe aller, dahin zu wirken, dass dieser Einfluss sich im Sinne steigender gegenseitiger Verständigung und wachsender Achtung der Völker voreinander geltend macht und nicht im Sinne einer einseitigen nationalen oder politischen Propaganda.

Man hat die Elektronenröhre oft ein Wunder der Technik genannt. Vergessen wir nicht, dass wir dieses Wunder der Arbeit von hunderten der begabtesten Köpfe und Hände verdanken. Die stille Forschungsarbeit des Gelehrten war dazu ebenso notwendig wie das konstruktive Talent und die Ausdauer des Ingenieurs und der Unternehmungsgeist des Kaufmanns. Heute mehr denn je gilt ein Zusammenwirken all dieser verschiedenen Richtungen menschlicher Tätigkeit. Hoffen wir, dass auch unserer Schweiz ein schönes Gleichgewicht zwischen Wissenschaft und Technik, zwischen Forschung und konstruktiver Gestaltung beschieden sein möge.

Zum Schluss bleibt mir noch übrig, all den Persönlichkeiten und Firmen herzlich zu danken, welche mir anlässlich dieses Vortrages in so zuvorkommender Weise ihre Unterstützung angedeihen liessen, so der Telion A.-G., Zürich, der Siemens & Halske A.-G., Zürich, Herrn Kollegen Scherrer, Herrn Privatdozent Osswald und meinem Assistenten Herrn J. Müller.

Diskussion[2]**).**

Die anschliessende Diskussion wird von Prof. Dr. P. Scherrer geleitet.

H. Puppikofer, Maschinenfabrik Oerlikon (MFO): Zur Aufnahme von vielen rasch veränderlichen Druckvorgängen fehlte bisher eine Einrichtung, deren Eigenschwingungszahl genügend hoch über derjenigen des zu untersuchenden Vorganges liegt. Die MFO hat nun mit Hilfe des heute mehrfach erwähnten Quarzkristalles und von Elektronenröhren eine derartige Einrichtung entwickelt. Die beim Druckvorgang erzeugte Elektrizitätsmenge ist, wie schon Herr Prof. Dr. Tank erklärt hat, dem angelegten Drucke absolut pro-

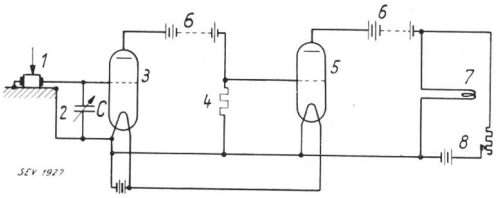

Fig. 18.
Schema des Druckmessgerätes der Maschinenfabrik Oerlikon.

1 Quarzkristall.
2 Drehkondensator.
3 erste Verstärkerröhre.
4 Widerstand.
5 zweite Verstärkerröhre.
6 Anodenbatterie.
7 Oszillographenschleife.
8 Kompensation des Ruhestromes der Röhre.

portional. Es handelte sich nun für uns darum, mit Hilfe dieser Eigenschaft ein für den technischen Betrieb brauchbares Druckmessgerät zu schaffen. Die beim Druckvorgang freiwerdende Elektrizitätsmenge ladet die auf die betreffenden Kristallflächen aufgebrachten Metallbeläge mit einer gewissen Gleichspannung, die für die Ablenkung des Strahles eines Kathodenstrahloszillographen in den meisten Fällen genügen wird; für die Speisung der Schleife eines gewöhnlichen Siemens-Oszillographen ist die Elektrizitätsmenge jedoch zu gering. Um letzteres zu ermöglichen, wurde gemäss Fig. 18 zur zweimaligen Verstärkung mit Elektronenröhren gegriffen. Es handelt sich um eine reine Widerstandsverstärkung, die also verzerrungsfrei arbeitet. Die Spannung des Kristalles wird auf das Gitter der ersten Röhre gelegt. Der parallele Kondensator 2 dient dazu, diese Spannung auf die für das Arbeiten der Röhre notwendige Grösse einzustellen. Der Anodenstrom der ersten Röhre erzeugt einen Abfall im Widerstand 4. Die Spannung an den Klemmen des Widerstandes wird an das Gitter der Röhre 5 gelegt, deren Anodenstrom durch die Schleife 7 des Oszillographen fliesst. Der ersten Röhre kann keine Gittervorspannung gegeben werden. Die passende Anodencharakteristik muss daher durch Wahl der Anodenspannung und der Heizleistung gesucht werden. Das Gitter der zweiten Röhre erhält seine Vorspannung durch den vom Ruhestrom der ersten Röhre im Widerstand 4 erzeugten Spannungsabfall. Der Ruhestrom der zweiten Röhre wird

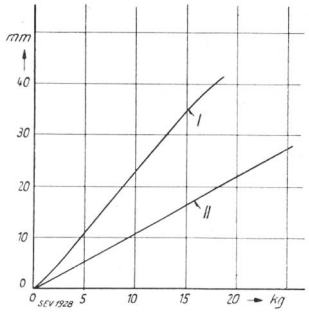

Fig. 19.
Charakteristik des Druckmessgerätes der MFO für 2 verschiedene Stellungen *I* und *II* des Kondensators.
Ausschlag der Oszillographenschleife in mm in Funktion des Druckes in kg.

[2]) Die Herren Diskussionsredner haben ihre Voten nachträglich schriftlich eingereicht.

für die Oszillographenschleife kompensiert durch den Strom der Batterie 8, der mit einem Widerstand eingestellt wird. Bei der Wahl der ersten Röhre muss speziell auf hohe Isolation des Gitters gegenüber der Kathode gesehen werden, damit die aufgeladene Elektrizitätsmenge nicht zu rasch abgeleitet wird. Die bei unserer Einrichtung benützte erste Röhre hat eine so vorzügliche Gitterisolation, dass die Zeitkonstante des Entladevorganges je nach der Stellung des Kondensators 2 bis zu 40 s beträgt. Da die meisten aufzunehmenden Vorgänge in Bruchteilen von Sekunden ablaufen, hat diese Ableitung keinen Einfluss auf die Messung.

Durch die Verstärkung wird keinerlei Störung in die Proportionalität zwischen Druck und Schleifenausschlag hineingebracht. Fig. 19 zeigt den geradlinigen Verlauf des gemessenen Ausschlages für zwei Stellungen des Kondensators 2. Fig. 20 und 21 sind Ansichten des Verstärkerapparates.

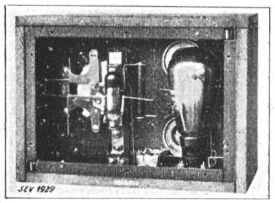

Fig. 20.
Innenansicht

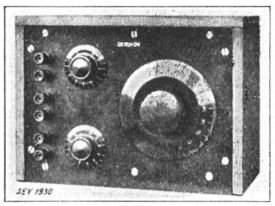

Fig. 21.
Aussenansicht

des Verstärkers zum Druckmessgerät der M F O.

Der Piezo-Kristall wird in passender Fassung direkt an der Stelle montiert, wo der Druck gemessen werden soll. Seine geringe Grösse erleichtert den Einbau. Es ist damit auch gelungen, an sonst sehr schwer zugänglichen Orten, wie z. B. an den Zylindern von Explosionsmotoren und an den Löschkammern von Oelschaltern den zeitlichen Druckverlauf beim normalen Arbeiten der betreffenden Maschinen oder Apparate aufzunehmen.

Es seien hier die Oszillogramme von zwei Versuchen an Löschkammern gezeigt, die vielleicht die Herren Betriebsleiter interessieren dürften. Aus Fig. 22 ist der Verlauf einer Sprengstoffexplosion in einer Löschkammer ersichtlich. Die Sprengstoffladung wurde so gewählt, dass ein bestimmter Druck in einer bestimmten Zeit erreicht wurde. Fig. 23 zeigt den Druckverlauf in einer Löschkammer eines kompletten Schalters bei einer normalen Leistungsabschaltung. Sehr hübsch ist hier der treppenförmig aufsteigende Verlauf des Druckes ersichtlich. Das Maximum tritt bei jeder Stufe dann ein, wenn die Halbwelle des Kurzschlußstromes die Amplitude aufweist. Beim Leistungsversuch kann also die Beanspruchung der Löschkammer des Oelschalters genau festgestellt werden. Der Konstrukteur hat daher heute alle Mittel in der Hand, um auch dieses Organ mit der notwendigen mechanischen Sicherheit zu dimensionieren.

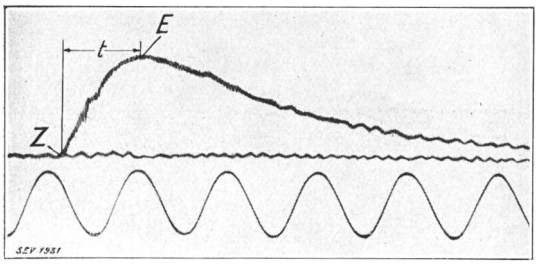

Fig. 22.
Verlauf des Druckes bei einer Sprengstoffexplosion in der Löschkammer eines Oelschalters.
Z Moment der Zündung.
E Ende der Verbrennung.
t Dauer der Verbrennung = 0,017 s.
Druck im Moment E = 53,5 kg/cm².

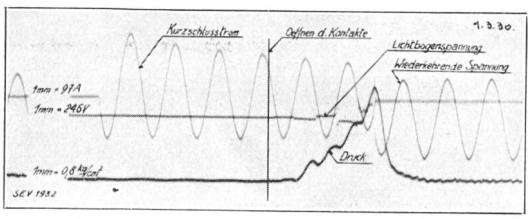

Fig. 23.
Verlauf des Druckes in einer Löschkammer eines kompletten Schalters bei einer normalen Leistungsabschaltung.

Die Verstärkung mit Elektronenröhren kann zweckmässigerweise auch für die Messung vieler anderer Vorgänge benützt werden. Es kann u. a. der Verlauf von Temperaturen bei intermittierendem Betrieb aufgenommen werden, sofern man den Thermostrom der Thermoelemente durch einen rotierenden Unterbrecher periodisch unterbricht und ihn dadurch in einen pulsierenden Strom verwandelt, der transformiert und verstärkt werden kann. Auch für die Messung von magnetischen Flüssen empfiehlt sich die Verwendung von Elektronenröhren, da der verschwindend kleine Gitterstrom, der aus der Probespule entnommen wird, keine Störung des Verlaufes der magnetischen Kraftlinien des untersuchten Objektes hervorrufen kann.

E. Aubort, Brown, Boveri & Co. A.-G., Baden: Die Frage, warum sich die Schweiz so wenig an der Entwicklung der Elektronenröhre beteiligt hat, liegt meines Erachtens hauptsächlich im Mangel an frühzeitig aufgenommenen Forschungen auf diesem Gebiete. Auch hat sich unsere Telephonindustrie nur mit der Fabrikation von Apparaten, nicht aber mit der Entwicklung von Fernsprechverstärkern abgegeben.

Vom industriellen Standpunkt aus ist die Fabrikation von Elektronenröhren eng mit der Fabrikationsmöglichkeit von *Rundfunkempfängern* verknüpft, denn der Absatz solcher Röhren für Sender oder für Messzwecke allein ist zu gering, um die Fabrikation in der Schweiz zu rechtfertigen.

Es ist also zuerst zu untersuchen, ob die Fabrikation von Rundfunkempfängern in der Schweiz interessant wäre: Wenn wir auf die Industrialisierung der Hertzschen Wellen einen Rückblick werfen, so müssen wir feststellen, dass die schweizerische Industrie daran gelitten hat, dass die massgebenden Erfinder der Radiotechnik, wie übrigens auch diejenigen der Fernsprech- und der Verstärkertechnik, weder Schweizer waren, noch in der Schweiz gelebt haben. Die Gründe hiefür liegen einerseits am Mangel interessanter Absatzmöglichkeiten für Schiffsradiostationen (keine Marine), vielleicht auch am Mangel an Vertrauen der Erfinder in die Schutzwirkung der schweizerischen Patente, anderseits zum grossen Teil in der Tatsache, dass wir keine physikalischen Institute hatten, die von Anfang an systematische Versuche mit den von Hertz entdeckten Wellen durchgeführt haben. Auch die intensive Erforschung der Elektronenröhre, die in den kriegführenden Staaten durchgeführt wurde, hat in der Schweiz gefehlt.

Nach dem Kriege entstanden vereinzelte private Rundspruchsender, zuerst in den Vereinigten Staaten, dann in Holland, in Frankreich und in der Schweiz. Die Verkaufsmöglichkeit von Rundfunkempfängern wuchs plötzlich. Zu dieser Zeit ist die schweizerische Industrie nicht bereit gewesen. Die Patentfrage war unklar und die gesetzlichen Regalbestimmungen erst im Ausbau. Etwas später setzte die Konjunktur in England und in Deutschland ein. Die Behörden dieser Staaten erklärten von vornherein, den Rundfunk selbst organisieren zu wollen. Sie sperrten ihre Grenzen für ausländische Empfänger. Die Schweizer waren nicht einig, ob private Ausbeutung des Rundfunks oder ob staatliche zweckmässig sei. Man verlor Zeit, bis 1924, wo man sich auf eine gemischte Lösung von privaten Sendern, die der Staat als Kassier subventioniert, einigte. Zu dieser Zeit war die Schweiz bereits durch ausländische, relativ gut konstruierte, Empfänger überschwemmt. Trotzdem hatten einige unserer Firmen Mut genug, um eigene Konstruktionen auf den Markt zu bringen. Der Absatz war zu klein, die notwendigen Forschungsmittel zu gering. Der stürmischen Entwicklung der ersten Rundfunkjahre konnten diese Firmen nicht folgen. Heute hat sich diese Industrie auf die Aufgabe beschränkt, fremde Empfänger in Schweizer Möbel einzu-

bauen, etwa ähnlich der Karosserieindustrie für fremde Automobile.

Ueber die Aussichten dieser schweizerischen Radioindustrie wäre folgendes zu sagen: Die Entwicklung der Rundfunkempfänger ist in ruhigeren Bahnen angelangt. Die Patentfrage hat sich geklärt. Die Schweiz ist für einige Jahre noch für Rundfunkpatente dem Auslande tributschuldig. Lizenzen auf Pionierpatenten sind zwar erhältlich, doch erleiden die nach Lizenzen bauenden Firmen erhebliche Einschränkungen ihrer Absatzgebiete. Zudem sind die Grenzen verschiedener Staaten für Rundfunkempfänger geschlossen. Grössere Absatzmöglichkeiten bieten vielleicht noch die lateinischen und balkanischen Staaten. In den deutschen, englischen und vor allem in den Unionsstaaten hat sich eine derart konkurrierende Radioindustrie entwickelt — sie ist imstande, bis mehrere 10 000 Empfänger pro Tag zu bauen — dass die Aussicht auf den Export für uns nur dann vorhanden sein kann, wenn hervorragende Neuerfindungen im schweizerischen Empfänger zur Geltung kämen.

Eine lebensfähige schweizerische Radioindustrie setzt einerseits eine forschende Elektronenröhrenindustrie voraus, sonst bleiben die ausländischen Firmen führend, welche die Fabrikation neuerer Röhrentypen beherrschen. Anderseits ist meiner Ansicht nach eine Produktion von etwa 300 bis 500 Rundfunkempfängern pro Tag erforderlich, um die notwendigsten Forschungsarbeiten in bezug auf Material und Schaltung der Empfänger unterhalten zu können. Ein solches Fabrikationsprogramm bedingt eine ausgedehnte Verkaufsorganisation, die nicht nur einen geeigneten technischen Dienst (Service) unterhalten muss, sondern ein mit Rücksicht auf das ausgesprochene Saisongeschäft des Rundfunks (Winter, insbesondere Weihnachtszeit) umfangreiches Lager zu bilden hat, wofür die Fabrik ein verhältnismässig abnormal grosses Kapital benötigt; für die bestehenden Schwachstromfirmen bedeutet dies eine nicht unbedeutende Erhöhung ihres Kapitals. Diese Massnahmen sind im Zeitalter der Konzentration der Fabrikate auf wenige Typen und im Zeitalter des Schutzes gegen die ausländischen und vor allem amerikanischen Trustbestrebungen nicht erwünscht.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass das Hauptabsatzgebiet für die Elektronenröhren, nämlich die Radioindustrie, heute nicht besonders auf die schweizerischen Verhältnisse zugeschnitten zu sein scheint. Rundfunkempfänger können zu leicht in grossen Mengen am laufenden Band in den Ländern mit grossem innerem Absatz hergestellt werden. Diese Empfänger bedürfen keiner grossen Konstruktionsarbeit «von Fall zu Fall», wie dies beim Grossmaschinenbau noch üblich ist. Sie erfordern trotzdem dauernde Forschung, ausserdem stossweise Fabrikation, grosse Verkaufsorganisation, grossen Lager- und somit erheblichen Kapitalbedarf, alles Bedingungen, die einen grossen Absatz und zuverlässige Exportmöglichkeiten voraussetzen. Günstige Aussichten, auf diesem Gebiete eine blühende Industrie zu entwickeln, bestehen für die Schweiz eigentlich erst dann, wenn bei uns qualitativ bedeutend bessere Empfänger als im Ausland gebaut werden können. Dies ist noch möglich, denn wir stehen erst am Anfang einer grossen Entwicklung. Doch müsste unsere Industrie zuerst neue Entdeckungen industriereif machen, resp. in den Besitz guter Pionierpatente kommen, um sich grossen Absatz und vor allem freie Bahn zu schaffen. Die Untersuchung von Elektronenröhren anderer Drucke und Gasfüllungen als die bisher erforschten — z. B. auf dem Gebiet der Lichtbogenröhre, die für ultra-kurze Wellen brauchbar wäre — ist vielleicht ein Weg, um zu den fehlenden Pionierpatenten zu kommen. Zu diesem Zweck wäre die technisch-physikalische Ausbildung besonders begabter Ingenieure für unsere Industrie eine Grundbedingung. Anderseits ist es einleuchtend, dass diesen Ingenieuren die notwendigen, oft erheblichen Mittel zu solchen Forschungszwecken zur Verfügung gestellt werden müssten.

Prof. Dr. *F. Tank*, ETH: Es ist ausserordentlich interessant, das Werden und Vergehen der Industrien vom historischen Standpunkte aus zu betrachten. Eine Industrie braucht zu ihrer Entwicklung die geeignete Atmosphäre und den geeigneten Nährboden so gut wie ein belebtes Wesen. Die Schweiz besass einst eine berühmte Industrie für optisches Gussglas (P. L. Guinand), zu einer Zeit, als die grosse Entwicklung des Mikroskopes einsetzte (ca. 1850) und als die Vorbedingungen für die Entfaltung einer optisch-mechanischen Präzisionsindustrie in der Westschweiz günstig waren. Diese Industrie wanderte aber beinahe vollständig nach Deutschland aus, weil sie in der Schweiz nicht die richtige Pflege fand. Handelte es sich hier um eine «verpasste Möglichkeit», so kann man auch bei der Elektronenröhre, natürlich mit dem nötigen Vorbehalt, ebenfalls von einer verpassten Möglichkeit reden. H. F. Weber, während mehrerer Dezennien Professor für Physik und Elektrotechnik an der ETH, interessierte sich schon in den neunziger Jahren sehr lebhaft für die in der Schweiz aufkommende Glühlampenindustrie, die er namentlich auch von physikalischen Gesichtspunkten aus studierte (Strahlungsgesetze, Grauglut). Er veranlasste kurz vor seinem Tode, im Jahre 1912, die Bearbeitung des Edisoneffektes an Glühkathodenröhren, von welchen ein Exemplar heute im Versuche vorgeführt wurde (unter Nr. 2). Die Fortführung dieser Untersuchungen unterblieb, und doch muss man sagen, dass ihre konsequente Weiterverfolgung notwendigerweise zu den grundlegenden Erkenntnissen der Eigenschaften der Elektronenröhren hätte führen müssen. Noch kennen wir die Physik der Elektronenröhre nicht restlos. Es ist möglich, ja wahrscheinlich, dass gerade in dem Weberschen Exemplar der Elektronenröhre hochfrequente elektrische Schwingungen auftreten, welche von Elektronen verursacht werden, welche vom negativen Ende des Glühfadens ausgehen und um das positive Ende herumpendeln. Solche Raumladungsschwingungen wurden erstmals von W. Gerber 1930 an käuflichen Glühlampen nachgewiesen. Auch in der Wissenschaft erweist sich im Grunde nur der Idealismus als das lebensstarke Prinzip: es gibt keinen andern Weg der Forschung als den des selbstlosen Interesses und der Liebe zur Sache. Alles andere, die Nutzanwendung, der Umsatz in Gewinn usf. folgt nach seinen eigenen Gesetzen, die sehr weitverzweigter Natur sind, und die wir nur zum Teil in unserer Hand haben.

E. Schwank, Nordostschweizerische Kraftwerke (NOK), Baden, äussert sich in bezug auf die Verwendung der Elektronenröhre in schweizerischen Kraftwerksbetrieben wie folgt: In der Schweiz stehen gegenwärtig etwa 30 Stationen für leitungsgerichtete Hochfrequenz-Telephonie in Betrieb und arbeiten heute mit gutem Erfolg[3]). Hievon entfallen z. Z. 13 Stationen auf die Anlagen der NOK. Die Anfangsschwierigkeiten technischer Natur sind heute überwunden. Die Obertelegraphendirektion erteilte bisher in allen nachgesuchten Fällen Konzessionen für solche Anlagen.

Auch die Fernmessung mit hochfrequenter Messwertübertragung hat in neuester Zeit in der Schweiz praktischen Eingang gefunden. So arbeitet seit dem Herbst 1930 in den NOK-Anlagen wohl als erste Anlage in der Schweiz mit hochfrequenter Uebertragung eine Einrichtung mit Geber im Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt und Empfängern im EW. Eglisau und im EW. Löntsch, Netstal. Es werden Leistungswerte zu Regulierzwecken auf Sonderbetrieb übertragen. Diese Einrichtung (über maximal 132 km Hochspannungsleitungslänge) arbeitet ebenfalls zufriedenstellend.

Die Frage des technischen Bedürfnisses von Bildübertragungen auf Starkstromleitungen kann ebenfalls bejaht werden. Es wird hiefür ein bereits laboratoriumsmässig vereinfachtes Verfahren, bei dem das Entwickeln von Filmen dahinfällt und praktisch bedeutend weniger Bildpunkte als bei der Bildübertragung erfasst zu werden brauchen, wohl demnächst in der Praxis Eingang finden. Es handelt sich hierbei um ein chemographisches Verfahren. In grossen Ueberlandswerken werden insbesondere die täglichen, umfangreichen Regulier- und Lastverteilungsprogramme zu übermitteln sein, ferner Schaltanweisungen in Begleitung von schematischen Unterlagen. Solche schriftliche Unterlagen sind naturgemäss viel zuverlässiger als telephonisch erteilte Anweisungen, ausserdem wird in den meisten Fällen eine wesentliche Zeitersparnis eintreten (Uebertragungsdauer pro Schriftstück von ca. 15/21 cm Grösse ca. 1½ bis 3 Minuten). Weitere praktische Anwendungsgebiete hochfrequenter Uebertragungen sind in Schaltmanövern ab zentraler Lastverteilstelle grosser Ueberlandwerke zu erwarten, womöglich unter automatisch folgender Rückmeldung der veränderten Schaltung.

[3]) Siehe auch Bull. SEV, 1929, Nr. 23, S. 784.