

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 115/116 (1940)
Heft: 16

Inhaltsverzeichnis

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 17.05.2025

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

INHALT: Hinweis auf das Elektronen-Teleskop. — Gas als Triebstoff für Automobile. — Architekten-Diplomarbeiten der E. T. H. 1940. — Der heutige Stand unserer Kenntnisse über das Wünschelrutenproblem. — Mitteilungen: Sparapparate für Zentralheizungskessel. Wärmeausnutzung elektrischer Raumheizapparate. Die deutsche Baueisen-Sparaktion. Ver-

suche über Eisenbetonbalken mit angeschweisster Schubbewehrung. Eine Neuerung in der Franki-Pfahlfundierung. Eidg. Technische Hochschule. Die Jahresversammlung des SEV und VSE. Ingenieurschule Lausanne. — Nekrologe: Maurice Cottier. Wilhelm Keller. Emil Locher. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine. — Sitzungs- und Vortrags-Kalender.

Band 116

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Verlagsorgane nicht verantwortlich
Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet

Nr. 16

Hinweis auf das Elektronen-Teleskop

Von Anwendungen der Elektronenoptik war hier schon mehrmals die Rede. Im Elektronenmikroskop¹⁾ stellt der Elektronenstrahl (auch Kathodenstrahl genannt), ähnlich wie Röntgenstrahlen, ein Schattenbild des durchstrahlten Präparates her. Auf dem Leuchtschirm der Fernseh-Kathodenstrahlröhre²⁾ entwirft der gesteuerte Strahl, darüber hinweggehend, ein das bewegte Leben nachahmendes Mosaik. In einem dritten, noch in Entwicklung begriffenen Instrument, dem Elektronenteleskop, spielen die Elektronenbahnen die Rolle der Lichtstrahlen in einem Projektionsapparat. Von einem «beleuchteten» Gegenstand ausgehend, bilden ihn die Elektronen, in einer evakuierten Röhre durch ein elektrostatisches Feld beschleunigt und durch ein elektrisches oder magnetisches Feld wie Licht durch Linsen geleitet, auf einem fluoreszierenden Schirm dem Auge wahrnehmbar ab. Der beleuchtete Gegenstand ist eine photoelektrische Oberfläche, auf der eine gewöhnliche Optik von dem anvisierten Objekt ein Bild entwirft, und die von jeder so angeregten Stelle aus einen Elektronenstrahl entsendet, dessen Intensität jener des dort auftretenden «Lichts» entspricht. Wäre es sichtbares Licht, so wäre seine Transformation in Kathodenstrahlen und Rückverwandlung in sichtbares Licht ein blosses Spiel. Einen technischen Sinn verleiht ihm erst eine photoelektrische Substanz, die infrarotes Licht in Elektronenenergie umzuwandeln vermag. Bei Verwendung einer solchen Substanz wird das Elektronenteleskop ausser einem Fernrohr zu einem Frequenzwandler: Auf ein Objekt jenseits einer Rauch- oder Nebelwand gerichtet, die dessen sichtbare Strahlen verschluckt, die von ihm ausgesandten längerwelligen Strahlen aber durchlässt, soll es diese in höherfrequenten gewöhnliches Licht verwandeln, dem Auge (oder der photographischen Platte) das verborgene Ziel enthüllend³⁾.

Eine Uebersicht über das bisher in dieser Richtung Erreichte, die Grundgedanken und die Schwierigkeiten der verschiedenen Bauarten gibt S. Malatesta in «Revue Générale de l'Electricité», Bd. 66 (1939), Nr. 19/20, S. 455. Von der Benützung elektrostatischer Felder zur Leitung und «Fokussierung» der Kathodenstrahlen, wie sie im «Journal Inst. El. Eng.», Bd. 79 (1936), S. 1 der souveräne Meister der Elektronenoptik, V. K. Zworykin, behandelt, sei hier nicht die Rede. Auch die Verwendbarkeit magnetostatischer Felder werden wir nicht allgemein erörtern, sondern an einem einzelnen, hervorhebenswerten Beispiel veranschaulichen, nicht ohne vorher an ein anderes Beispiel zu erinnern: das hier in Bd. 109 (1937), S. 269* dargestellte Cyclotron. Die in diesem verwendete Tatsache, dass die Elektronen in einem homogenen Magnetfeld auf zu ihm parallelen Kreiszyklindern Schraubenlinien beschreiben, die in Kreise (Cyclotron) oder Gerade ausarten können, ist auch elektronenoptisch ausgenutzt worden. Während im Cyclotron der Winkel α zwischen magnetischer Feldstärke und Elektronengeschwindigkeit beständig ein rechter ist, wird uns vielmehr der Fall $|\cos \alpha| \approx 1$ beschäftigen bei der nachfolgenden Betrachtung des einfachen Magnetfeldes, das F. Coeterier und M. C. Teves zum Gerüst des elektronenoptischen Teils eines von ihnen gebauten und in «Physica», Bd. 4 (1937), Nr. 1, S. 33 beschriebenen Elektronenteleskops gewählt haben.

Es ist, schematisiert, das zirkuläre magnetische Feld $\vec{H}$ eines geraden, von einem Gleichstrom in Richtung des Einheitsvektors $\vec{e}$ (siehe Abbildung) durchflossenen Drahtes i , dem Betrage nach dem Abstand ρ von diesem umgekehrt proportional: $H = |\vec{H}| = h/\rho$, wobei h der Stromstärke proportional ist.

Die Normalprojektion irgend eines Vektors $\vec{w}$ auf i sei mit $|\vec{w}|$, seine Projektion auf eine zu i senkrechte Ebene mit $\vec{w}$ bezeichnet:

$$\vec{w} = |\vec{w}| + \vec{w}$$

¹⁾ Bd. 112 (1938), S. 164*. ²⁾ Bd. 114 (1939), S. 310.

³⁾ Die Verwandlung von ultraviolett in sichtbares Licht, d. h. die Umwandlung von höheren in niedrigere Frequenzen, ist bekanntlich ohne Zwischenschalten von Kathodenstrahlen möglich, indem man eine fluoreszierende Schicht durch die ultraviolette Bestrahlung selber zum Leuchten bringt. Beim infraroten Licht scheitert diese direkte Umwandlung daran, dass die Energie des infraroten Photons kleiner ist als jene des sichtbaren Photons. Daher die Notwendigkeit eines Zwischenträgers, des Elektrons, dessen Energie durch das beschleunigende Feld auf einem zur Anregung der Fluoreszenz ausreichenden Betrag gesteigert werden kann.

Bezeichnet r den von einem auf i liegenden Punkt O nach einem beliebigen Raumpunkt P gezogenen Fahrstrahl, so ist $\rho^2 = \vec{r}^2$ und

$$\vec{H}(P) = \frac{h[\vec{e}, \vec{r}]}{\vec{r}^3} \dots \dots \dots (1)$$

Auf ein mit der Geschwindigkeit v bewegtes Elektron der Masse m wirkt die Lorentz-Kraft

$$\vec{K} = cm[v, \vec{H}] \dots \dots \dots (2)$$

Wie, bei gegebener Stromstärke, h ist auch c eine vom Masssystem abhängige positive Konstante. $\vec{K}$ krümmt die Flugbahn, ohne v^2 zu verändern. Eine Kraftlinie (Kreis) vermag das Elektron nicht zu beschreiben, da bei parallelen Vektoren v und $\vec{H}$ die dazu nötige Zentripetalkraft ausbliebe. Zu deren Weckung bedarf es gemäss (2) eines nicht verschwindenden Winkels α zwischen v und $\vec{H}$. Dagegen ist z. B. die von P_0 (siehe Abbildung) über der Kraftlinie vom Radius ρ_0 im Neigungswinkel α ansteigende Schraubenlinie eine mögliche Flugbahn, wobei α bis auf die Beschränkungen $0 < \alpha < \pi$, $\alpha \neq \pi/2$ beliebig sein kann. Denn die Hauptnormale einer solchen Spirale steht senkrecht auf i ; ihr Krümmungsradius beträgt $\rho_0/\cos^2 \alpha$; die erforderliche Zentripetalkraft $m v^2 \cos^2 \alpha / \rho_0$ ist wie die Lorentz-Kraft gerichtet; nach (1) und (2) ist sie ihr gleich, wenn $m v^2 \cos^2 \alpha / \rho_0 = c m v H \sin \alpha = c m v h \sin \alpha / \rho_0$, oder

$$v \cos^2 \alpha = c h \sin \alpha$$

Ein längs einer bestimmten unter diesen Spiralen, der «Spirale S », aufsteigendes und auf ihr verharrendes Elektron heisse «ausgezeichnet», seine jeweilige Geschwindigkeit v^a , die Startgeschwindigkeit speziell v_0^a . Setzen wir

$$\alpha^2 \ll 1 \dots \dots \dots (3)$$

voraus, so gilt angenähert

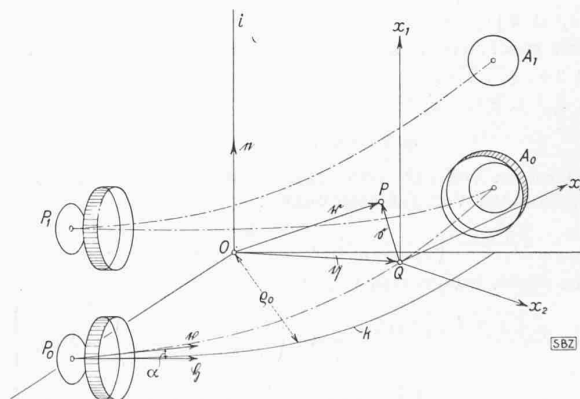
$$v = |v^a| = c h \sin \alpha \dots \dots \dots (4)$$

Ein in P_0 mit einer von v_0^a etwas verschiedenen Anfangsgeschwindigkeit v_0 startendes Elektron heisse «abweichend», seine weitere Geschwindigkeit v . Die Spirale S bildet offenbar nur dann einen brauchbaren optischen Strahl, sofern die Flugbahnen aller von dem «Gegenstandspunkt» P_0 ausgeschossenen abweichenden Elektronen, wenn nicht geradezu in einem mathematischen Punkt, so doch in einer engen Umgebung eines solchen, des «Bildpunktes», wieder zusammentreffen. Dass in der Tat bei genügend kleinen Unterschieden $|v_0 - v_0^a|$ das gesamte Strahlenbüschel, sich der Spirale S entlang windend, periodisch in gewissen («physikalischen») Punkten derselben zusammenläuft, werde nun gezeigt.

Die Geschwindigkeit des Elektrons als klein gegenüber jener des Lichts vorausgesetzt, beherrschen seine Bewegung $P(t)$ drei Sätze der klassischen Mechanik.

1. Der Impulssatz in Richtung von i :

$$\frac{d}{dt} |\vec{v}| = c [\vec{v}, \vec{H}] \dots \dots \dots (5)$$



Zur Elektronenoptik von F. Coeterier und M. C. Teves