

**Zeitschrift:** Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

**Herausgeber:** Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

**Band:** 28 (1950)

**Heft:** 9

**Artikel:** Ein Kathodenstrahl-Oszillograph zur Untersuchung von Funktionen zweier Variablen

**Autor:** Genc, Selâhattin

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-874389>

### **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:** 26.12.2025

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

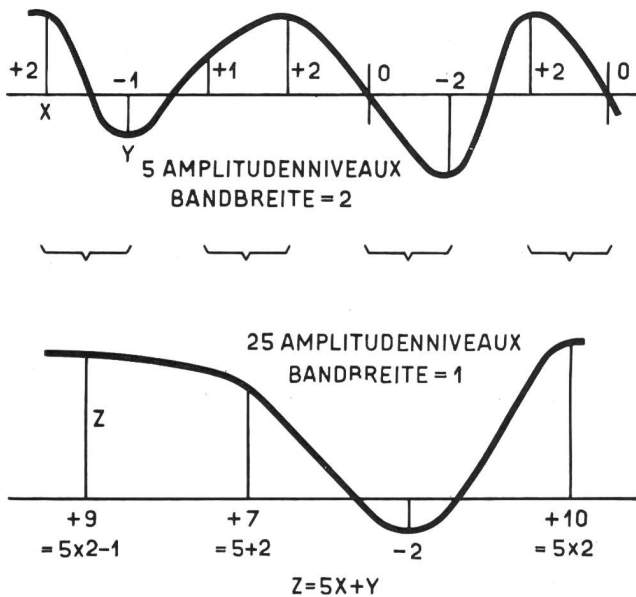


Fig. 6. Graphische Darstellung des Prinzips; eine Verringerung der Bandbreite mit einer Erhöhung der Sendeleistung zu erkaufen

tistischen Eigenschaften der Nachricht zunutze. Dieses Ausschauen von besonderen Eigenschaften der Nachrichtenquellen kann als Problem der Anpassung der Quelle an den Übertragungskanal aufgefasst werden. Endlich können wir auch die besonderen Eigenschaften des Empfängers im weiteren Sinne verwenden. So ist zum Beispiel bei der Sprachübertragung das Ohr relativ unempfindlich auf Phasenverzerrungen. Folglich ist die Übertragung der Phaseninformation bedeutend unwichtiger als die der Amplitudeninformation. Dies lässt sich natürlich in eine Ersparnis von Frequenzband übersetzen, und so macht zum Beispiel heute schon der *Vocoder* davon Gebrauch. Im allgemeinen erfordert die Ausnutzung von besonderen Empfindlichkeiten oder Unempfindlichkeiten des Empfangssystems eine saubere Anpassung des Kanals an dieses.

## Ein Kathodenstrahl-Oszillograph zur Untersuchung von Funktionen zweier Variablen

Von Selâhattin Genç, Bern

621.317.755

**Zusammenfassung.** Im folgenden wird ein Kathodenstrahl-Oszillograph beschrieben, der die Untersuchung von Funktionen zweier Variablen gestattet. Die Funktionen werden auf dem Leuchtschirm der Kathodenstrahlröhre axonometrisch als Fläche aufgezeichnet. Das Gerät kann so konstruiert werden, dass die Zusammenhänge elektrischer Größen ohne Zusatzeinrichtungen oder -schaltungen auf dem Leuchtschirm dargestellt werden können.

Mit Hilfe eines Zusatzgerätes kann auch der handelsübliche Kathodenstrahl-Oszillograph für die Untersuchung solcher Funktionen verwendet werden.

### I. Allgemeines

Die Abbildung eines räumlichen Gegenstandes auf einer Ebene beruht auf einer Täuschung des Auges. Die in Wirklichkeit nicht vorhandene Tiefe kann durch verschiedene Mittel vorgetäuscht werden. Im vorliegenden Falle wird eine geometrische Dar-

Viele unserer heutigen Übertragungssysteme sind in dieser Hinsicht unwirksam, weil sie die statistischen Eigenschaften der Nachrichtenquelle unbenutzt lassen. Zum bessern Verständnis betrachten wir einmal ein System, das nur Sprache (keine Musik oder andere Geräusche) übermitteln soll und dessen Anforderungen an die Wiedergabe nur so weit gehen, als dass die Nachricht ihre Verständlichkeit nicht verliert. Persönliche Akzente, Tonlagen usw. dürfen bei der Übertragung verlorengehen. In einem solchen Falle würden wir, wenigstens im Prinzip, folgendermassen vorgehen: Zuerst konstruieren wir auf der Senderseite eine Vorrichtung, welche das gesprochene Wort druckt. Dieser Text wird nun in Dualziffern umgesetzt, und zwar so, dass im Mittel nicht mehr als 2 Stellen pro Buchstabe und nicht mehr als 9 pro Wort entstehen. Unter der Annahme von 100 Wörtern pro Minute für eine mittlere Redegeschwindigkeit erhalten wir auf diese Weise ungefähr 5 Grundeinheiten pro Sekunde als Richtwert für die Geschwindigkeit, mit welcher Information durch die Sprache<sup>1)</sup> erzeugt werden kann, sofern Verständlichkeit das alleinige Erfordernis ist. Aus der Fig. 4 geht nun hervor, dass eine solche Nachrichtenmenge auf einem Kanal mit einem Nutzstörverhältnis von 20 db eine Bandbreite von nur 2,3 Hz beansprucht!

### Bibliographie

- Hartley, R. V. L. *Transmission of Information*. Bell Syst. Techn. J. **7**, 1928, p. 535.  
 Shannon, C. E. *A Mathematical Theory of Communication*. Bell Syst. Techn. J. **27**, 1948, p. 379 and 623.  
 Shannon, C. E. *Communication in the Presence of Noise*. Proc. Inst. Radio Eng. **37**, 1949, p. 10.  
 Feldman C. B. and W. R. Bennett. *Band Width and Transmission Performance*. Bell Syst. Techn. J. **28**, 1949, p. 490.  
 Fink, D. G. *Bandwidth vs Noise in Communication Systems*. Electronics 1948, January, p. 72.

<sup>1)</sup> In diesem Falle die englische Sprache. Im Deutschen liegen die Verhältnisse analog. Der Übersetzer.

stellung gewählt, die elektrisch einfach zu verwirklichen ist. Dazu eignet sich besonders die Isometrie als Sonderfall der allgemeinen Axonometrie.

Um ein isometrisches Achsenkreuz festzulegen, werden die Achsenbilder  $\bar{x}$ ,  $\bar{y}$  und  $\bar{z}$  beliebig gewählt, während die Verkürzungen in allen Achsen gleich blei-

ben. Ein Raumpunkt P mit den Koordinaten  $x, y, z$  wird also abgebildet, indem man auf den Achsen  $\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}$  der Reihe nach die Strecken  $x, y$  und  $z$  von  $\bar{o}$  aus abträgt und dann den Koordinatenquader durch das Ziehen der Parallelen zu  $\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}$  vervollständigt (s. Fig. 1). Das Blatt ist als Bildebene ( $\alpha$ ) zu betrachten.

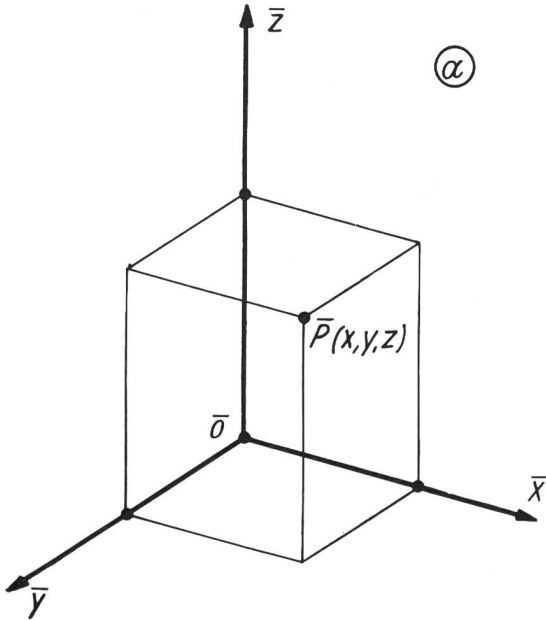


Fig. 1. Isometrische Abbildung des Raumpunktes P ( $x, y, z$ ) auf der Bildebene  $\alpha$

Da diese Abbildung mit Hilfe von Kathodenstrahlröhren bewerkstelligt wird, ist es nicht unangebracht, kurz auf das Prinzip der Ablenkung des Elektronenstrahles einzugehen.

Die aus der Kathode austretenden Elektronen werden zu einem Strahl gesammelt, der durch eine Anzahl geeignet angelegte Felder abgelenkt werden kann. Ausser dieser Lagesteuerung bestimmen die an Elektroden angelegte Spannungen die Helligkeit und die Schärfe des Leuchtfleckes (Längssteuerung). Jeder Stellung des Leuchtfleckes ist eine bestimmte Ablenkung eindeutig zugeordnet.

Die Verschiebungsstrecke ( $s$ ) ist zur elektrischen Grösse  $A$  (Strom oder Spannung), die das ablenkende Feld (elektromagnetisch oder elektrostatisch) erzeugt, proportional:

$$A = p \cdot s \tag{1}$$

$p$  ist hier als Konstante angenommen.

Die Zusammenhänge werden noch anschaulicher, wenn man die Verschiebungsstrecke als einen Vektor (Verschiebungsvektor) betrachtet, der die Richtung der Ablenkung hat und dessen Betrag die Verschiebungsstrecke ist. Wird der Elektronenstrahl gleichzeitig von mehreren Feldern abgelenkt, so kann der Ort des Leuchtfleckes durch Addieren der einzelnen Verschiebungsvektoren ermittelt werden. Aus diesen Tatsachen folgt, dass durch die Änderung der Felder nach Zahl, Grösse und Richtung der Leuchtfleck beliebig verschoben werden kann.

## II. Die axonometrische Abbildung eines Raumpunktes ( $x, y, z$ ) auf dem Leuchtschirm der Kathodenstrahlröhre

Da eine Figur nur durch einen einzigen Punkt, den Leuchtfleck, der dafür seine Lage zeitlich ändern muss, auf der Schirmebene aufgezeichnet werden kann, soll vorerst die axonometrische Abbildung eines Raumpunktes P ( $x, y, z$ ) durch die Kathodenstrahlröhre behandelt werden. Die Abbildung kann auf folgende Arten verwirklicht werden:

### 1. Das Dreifelder-Verfahren

Die Koordinatenbilder  $x, y, z$  des Raumpunktes (s. Fig. 1) können als drei Verschiebungsvektoren  $\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}$ , die durch drei Ablenkkfelder zustandekommen, auf der Schirmebene betrachtet werden (s. Fig. 2). Die Beträge der Vektoren sind proportional zu den die Ablenkkfelder erzeugenden elektrischen Grössen  $A_x, A_y, A_z$ . Aus der Gleichung (1) folgt:

$$A_x = p \cdot x; A_y = p \cdot y; A_z = p \cdot z \tag{2}$$

Da  $p$  als eine Konstante angenommen wurde, kann man die elektrischen Grössen aus diesen Gleichungen bestimmen. Wenn durch diese elektrischen Grössen  $A_x, A_y$  und  $A_z$  die Ablenkkfelder erzeugt werden, so wird der Leuchtfleck auf die Stelle des axonometrischen Bildes vom Raumpunkt P ( $x, y, z$ ) verschoben (s. Fig. 2).

Eine Variierung der angelegten elektrischen Grössen gestattet die beliebige Verschiebung des Raumpunktes P ( $x, y, z$ ). Die Achsenbilder  $\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}$  (s. Fig. 1) können auch durch die Änderung der Feld-

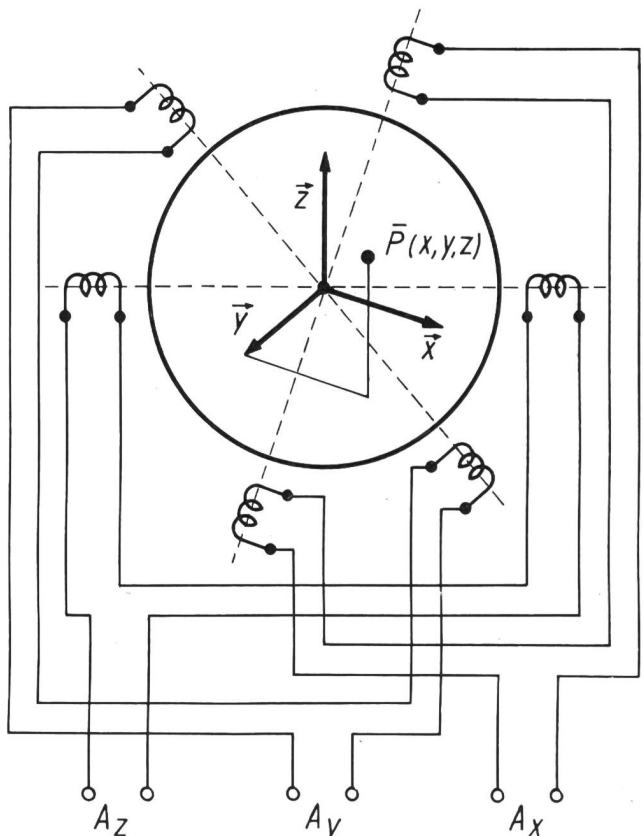


Fig. 2. Elektromagnetische Ablenkung mit drei Spulenpaaren

richtungen gedreht werden, um ein befriedigendes Bild zu erhalten.

Erfolgt die Ablenkung durch ein elektrostatisches Feld, so werden dafür Ablenkungsplatten benützt, die fest in der Röhre eingebaut sind. In diesem Falle kann die Feldrichtung nicht mehr durch mechanische Massnahmen beeinflusst werden, weshalb nur die elektromagnetische Ablenkung in Frage kommt.

Die Figur 2 zeigt eine schematische Schaltanordnung mit den Ablenkspulenpaaren. Durch einen Mechanismus können die Spulen bzw. die Achsenbilder gedreht werden. Dieses Verfahren ist schaltungstechnisch sehr einfach und vorteilhaft, würde aber die Fabrikation einer neuen Kathodenstrahlröhre mit drei Ablenkspulenpaaren erfordern.

2. Das Zweifeld-Verfahren

Die handelsüblichen Kathodenstrahlröhren besitzen nur zwei zueinander senkrechte Ablenkkfelder, meistens elektrostatische. Das folgende Verfahren soll die axonometrische Abbildung des Raumpunktes auf der Schirmebene ermöglichen, ohne dazu eine besondere Röhre zu erfordern.

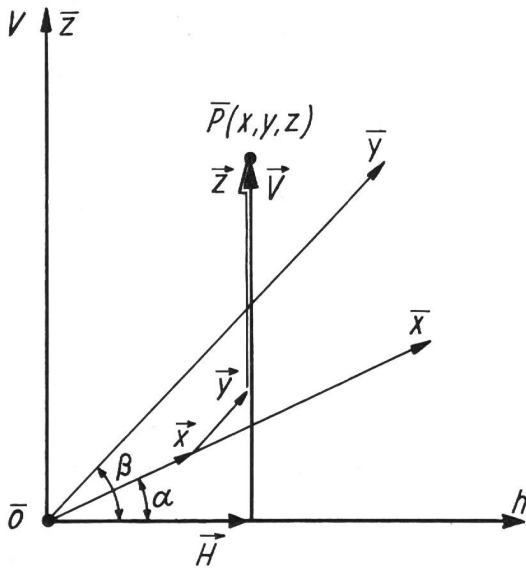


Fig. 3. Transformation der Komponenten auf der Bildebene

Wie Figur 3 zeigt, kann das Punktbild  $\bar{P}(x, y, z)$  auf der Bildebene auch mittels eines ebenen Koordinatensystems  $H, V$  angegeben werden. Die Achsenbilder  $\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}$  sind absichtlich so gewählt, dass die elektrische Abbildungsoperation möglichst einfach wird.

Die Beziehung zwischen beiden Koordinatensystemen wäre dann (s. Fig. 3)

$$\begin{aligned} H &= x \cos \alpha + y \cos \beta & (3) \\ V &= z + x \sin \alpha + y \sin \beta \end{aligned}$$

Der Raumpunkt kann somit auch nur durch zwei Vektoren  $\vec{H}$  und  $\vec{V}$  abgebildet werden, welche die Raumkoordinaten  $x, y, z$ , entsprechend der Gleichung (3), enthalten.

Die elektrische Abbildung des Raumpunktes auf dem Leuchtschirm wird wie folgt bewerkstelligt: Die Koordinatenachsen  $H$  und  $V$  sollen die gleiche Richtung wie die zueinander senkrecht stehenden Ablenkkfelder haben. Die Gleichspannungen, die die Ablenkkfelder erzeugen, stehen mit den dazugehörigen Koordinaten in folgender Beziehung (siehe Gleichung 1):

$$\begin{aligned} U_x &= px & U_V &= pV & (4) \\ U_y &= py & U_H &= pH \\ U_z &= pz \end{aligned}$$

Die trigonometrischen Grössen sollen, um den Zusammenhang anschaulicher zu machen, wie folgt ausgedrückt werden:

$$\begin{aligned} \sin \alpha &= a \\ \cos \alpha &= b & \text{wobei } a^2 + b^2 &= 1 & (5) \\ \sin \beta &= c & c^2 + d^2 &= 1 \\ \cos \beta &= d \end{aligned}$$

Die Gleichungen (3), (4) und (5) ergeben:

$$\begin{aligned} U_H &= bU_x + dU_y & (6) \\ U_V &= U_z + aU_x + cU_y \end{aligned}$$

Genügen die Ablenkungsspannungen der vorstehenden Gleichung, so wird der Leuchtfleck an die Stelle des axonometrischen Bildes verschoben.

Die Figur 4 zeigt die schematische Anordnung der Ablenkplatten und der Ablenkkfelderzeuger. Durch die Änderung der Spannungen  $U_x, U_y$  und  $U_z$

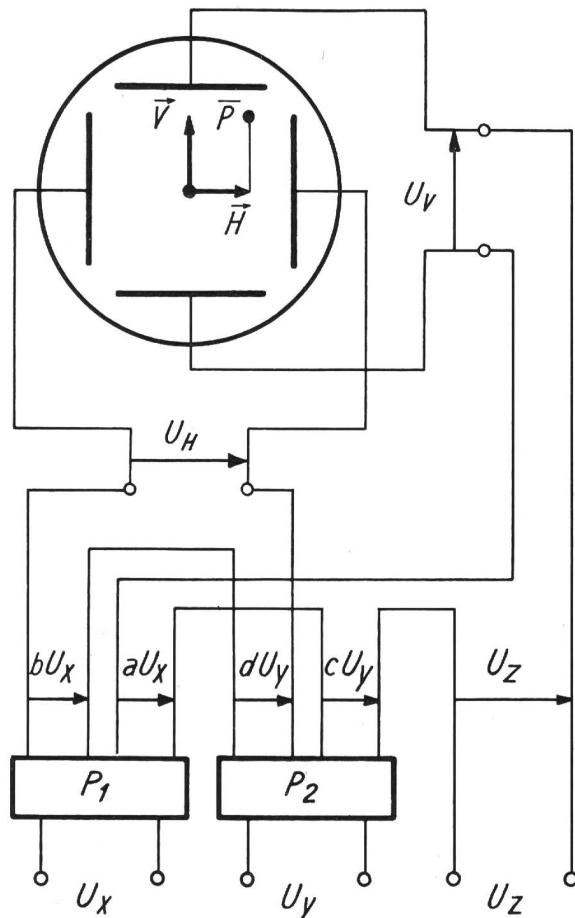


Fig. 4. Schematische Anordnung der Ablenkkfelderzeuger

kann das Punktbild  $\bar{P}$  beliebig verschoben werden. Die Spannungsteiler  $P_1$  und  $P_2$  ermöglichen die Drehung der Achsenbilder  $\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}$  unter der Voraussetzung, dass die Beziehungen  $a^2 + b^2 = 1$  und  $c^2 + d^2 = 1$  berücksichtigt werden, was eine Spezialschaltung verlangt.

In den vorerwähnten Verfahren kann man nun die Änderung der elektrischen Größen (Strom oder Spannung), die die Ablenkfelder erzeugen, so vornehmen, dass der Leuchtfleck den zeitlichen Verlauf irgendeiner Funktion abbildet. Natürlich muss dabei die Möglichkeit vorausgesetzt werden, dass diese Funktionen in elektrische Vorgänge umgewandelt werden können.

### III. Die axonometrische Abbildung einer Funktion zweier Variablen

Angenommen, die Komponenten  $x$  und  $y$  seien die zwei Variablen und die  $z$ -Komponente sei mit diesen durch die Gleichung  $z = f(x, y)$  verbunden.

Die axonometrische Abbildung der Funktionen zweier Variablen ist eine Fläche. Selbstverständlich kann man aber nur einen begrenzten Flächenabschnitt abbilden. Die Figur 5 zeigt das zur elektrischen Darstellung geeignetste Bild des abgeschnittenen Flächenstückes, nämlich  $z = f(x, y)$  in den Intervallen  $x_1 < x < x_2$  und  $y_1 < y < y_n$ .

Der Leuchtfleck (der schreibende Punkt  $P(x, y, z)$ ) soll nun auf der Schirmebene derart bewegt werden, dass er den Flächenabschnitt getreu dem axonometrischen Bild aufzeichnet. Dieser Vorgang muss sich so schnell wiederholen (mindestens 50mal in der Sekunde), dass das Auge sich täuscht und den vom Leuchtfleck durchlaufenen Weg als stehendes Bild sieht. Der Weg des schreibenden Punktes ist so zu wählen, dass die theoretisch gefundene Lösung elektrisch realisiert werden kann.

Wie aus der Figur 5 ersichtlich ist, darf man sich die Fläche  $z = f(x, y)$  als eine Zusammensetzung aus den zu der  $x, z$ -Ebene parallellaufenden Kurven  $z = f(x)$  dargestellt denken, wobei  $y$  als Parameter

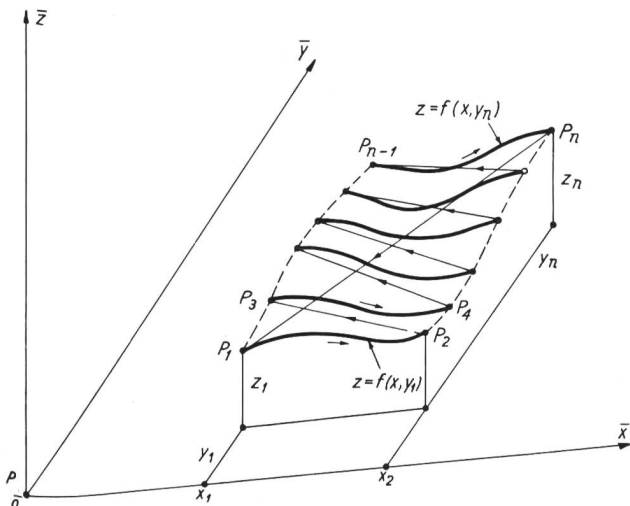


Fig. 5. Axonometrisches Bild eines Flächenabschnittes

anzunehmen ist. Die Gleichungen der einzelnen Kurven sind mit ansteigendem  $y$  der Reihe nach

$$z = f(x, y_1), z = f(x, y_2) \dots z = f(x, y_n) \quad (7)$$

$$\text{wobei } y_2 - y_1 = y_3 - y_2 \dots = y_n - y_{n-1}$$

Figur 5 veranschaulicht den durchlaufenen Weg des schreibenden Punktes. Der Leuchtfleck  $P$  wird zuerst von  $\bar{o}$  aus zum Punkt  $P_1(x_1, y_1, z_1)$  der abzubildenden Fläche verschoben; hierauf durchläuft er den Kurvenabschnitt  $P_1, P_2$ , springt von  $P_2$  auf  $P_3$  usw. (s. Fig. 5). Hat der Leuchtfleck den Endpunkt  $P_n$  erreicht, so läuft er von  $P_n$  wieder nach  $P_1$  und wiederholt den ganzen Vorgang mindestens 50mal in der Sekunde. Während der Punkt  $P(x, y, z)$  den Flächenabschnitt aufzeichnet, variieren seine Komponenten zeitabhängig, gemäss Figur 6.

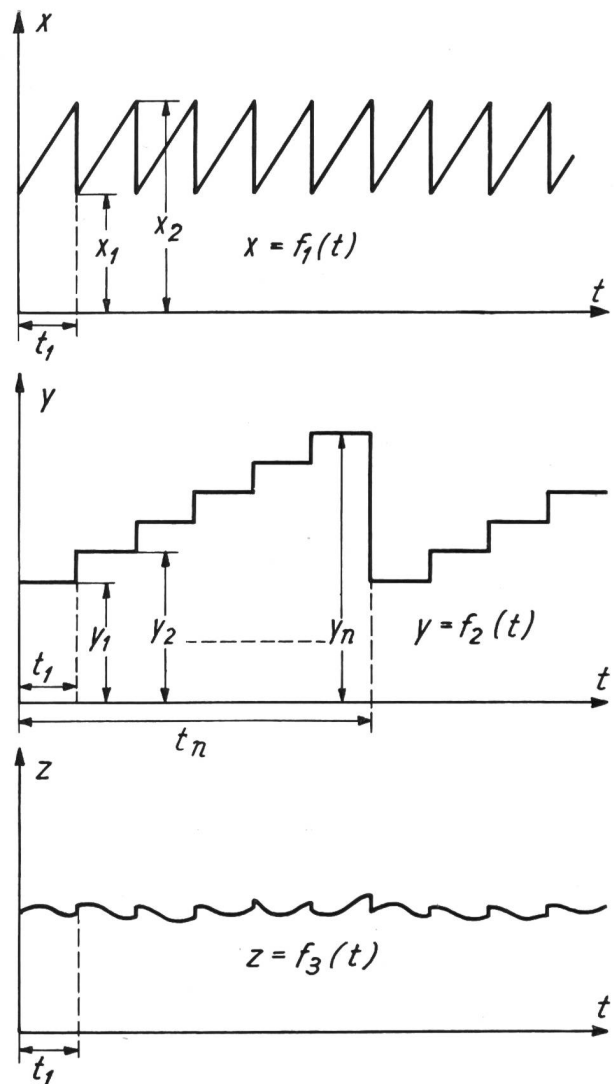


Fig. 6. Zeitliche Variation der  $x$ -,  $y$ - und  $z$ -Komponenten.

Der Leuchtfleck zeichnet also auf der Schirmebene eine räumliche Kurve, deren Gleichung

$$\begin{aligned} x &= f_1(t) \\ y &= f_2(t) \\ z &= f_3(t) \end{aligned} \quad (8)$$

ist, wenn diese Funktionen den zeitlichen Verlauf der x-, y- und z-Komponenten darstellen. Die elektrischen Grössen, welche die Ablenkkelder erzeugen, sind dann nach der Gleichung (1)

$$\begin{aligned} A_x &= px = pf_1(t) \\ A_y &= py = pf_2(t) \\ A_z &= pz = pf_3(t) \end{aligned} \quad (9)$$

Der Leuchtfleck kann nur dann den gewünschten Flächenabschnitt aufzeichnen, wenn die elektrischen Grössen  $A_x = pf_1(t)$ ,  $A_y = pf_2(t)$ ,  $A_z = pf_3(t)$  entsprechende Ablenkkelder erzeugen (s. Fig. 2 und 3).

Wie vorstehend erwähnt wurde, wird ein stehendes Bild erreicht, wenn die folgende Beziehung erfüllt ist (s. Fig. 6):

$$\begin{aligned} t_n &< \frac{1}{50} \text{ sek.} \\ t_n &= nt_1 \end{aligned}$$

wobei n eine ganze Zahl ist.

Aus Figur 6 geht hervor, dass der Verlauf der z-Komponente die einzelnen Kurvenstrecken des abzubildenden Flächenabschnittes zeitlich nacheinander darstellt. Es muss also zuerst der Flächenabschnitt in die zu der x, z-Ebene parallelen Kurventeile zerlegt (s. Fig. 6) und diese in einen elektrischen Vorgang umgewandelt werden. Diese Zerlegungsoperation ist ganz allgemein folgendermassen durchzuführen: In der Einrichtung, die die Funktion  $z = f(x, y)$  erzeugt, sollen die Variablen x und y, ähnlich der Fig. 6, zeitabhängig geändert werden, das heisst, x habe die Sägezahnform und y eine treppenförmige mit den dazugehörigen Zeitabschnitten  $t_1$  und  $t_n$ . In diesem Falle verläuft die z-Komponente  $z = f(t)$  gemäss Figur 6. Die nachfolgende Figur 7 veranschaulicht schematisch die Zerlegungsanordnung.

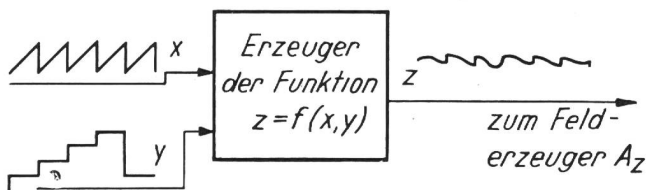


Fig. 7. Zerlegungsanordnung

Man kann nun den ganzen Abbildungsvorgang wie folgt zusammenfassen:

Der darzustellende Flächenabschnitt wird zuerst in die einzelnen Kurven zerlegt. Diese werden der Reihe nach zur Kathodenstrahlröhre geführt und auf der Schirmebene wieder so zusammengesetzt, dass das axonometrische Bild erscheint.

Durch die Änderung der Intervalle  $x_1, x_2$  und  $y_1, y_n$  kann ein gewünschter Flächenabschnitt im Rahmen des Schirmbildes abgebildet werden. Die Koordinatenachsenbilder sind für die Erzielung eines guten Bildes auch drehbar (siehe Abschnitt I).

Die räumliche Wirkung der abgebildeten Figur wird durch die Steuerung der Helligkeit des Leuchtflecks wie folgt erhöht:

Legt man an die Elektrode, mit der die Helligkeit reguliert wird, eine Spannung, ähnlich dem Verlauf der y-Komponente (s. Fig. 8), so wird das Bild hinten dunkler und täuscht dem Auge eine Erhöhung der Raumwirkung vor.

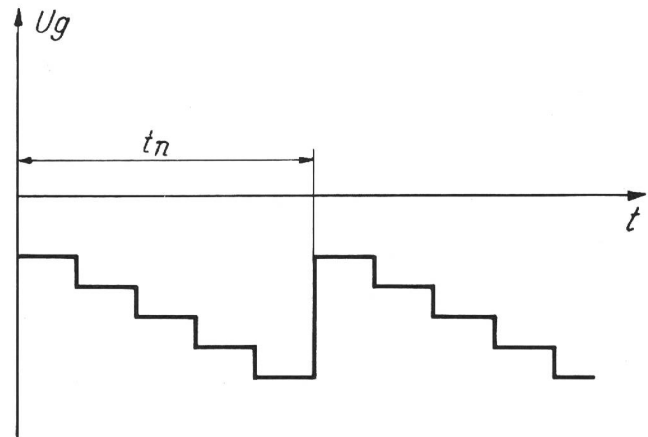


Fig. 8. Steuerspannung der Helligkeit

Wie aus der Figur 9 zu ersehen ist, kann die räumliche Wirkung auch durch die Zeichnung der zur y, z-Ebene parallelen Kurven verstärkt werden. Dies wird auf der Schirmebene folgendermassen verwirklicht: Wenn man die Spannung der die Helligkeit regulierenden Elektrode mit schmalen positiven

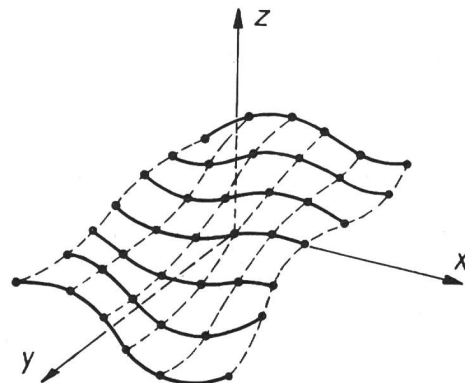


Fig. 9. Verstärkung der räumlichen Wirkung

Rechteckimpulsen (s. Fig. 10) überlagert, die mit der x-Sägezahnschwingung durch die Gleichung  $t_1 = mt_3$  (m eine ganze Zahl) verbunden sind, so wird der Leuchtfleck nach jedem  $t_3$ -Zeitabschnitt heller.

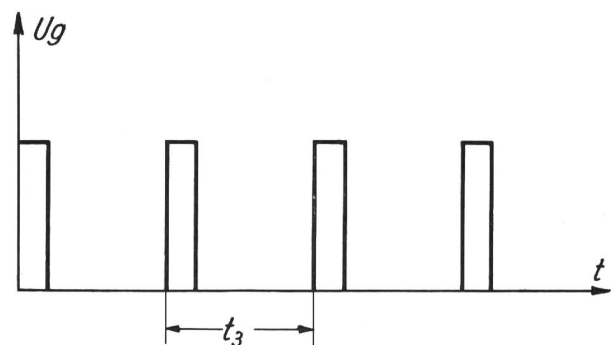


Fig. 10. Rechteckimpulse

Es erscheinen also die Knotenpunkte. Diese betonten Punkte bilden dann die zur y, z-Ebene parallelaufenden Kurven.

Bei einem weiteren Verfahren wird die Spannung der z-Komponente (s. Fig. 5) derjenigen Elektrode überlagert, die die Helligkeit steuert. Diese ist hier von der Spannung  $A_z = pf_3(t)$  abhängig, wodurch das Bild ebenfalls plastisch wird.

Die Frequenz der x-Sägezahnsschwingung soll grösser als 1000 Hz sein. Da mit jedem Sägezahn die y-Spannung eine Stufe höher springt (s. Fig. 6), kann man deren Verlauf durch einen einzigen Sägezahn der Frequenz  $\frac{1}{t_n}$  approximieren. Dabei wird aber das x-Achsenbild gegenüber der mathematisch angenommenen Richtung gedreht.

Die Sägezahnspannung muss linear bis zum Maximalwert ansteigen (s. Fig. 6). Sie kann aber nicht in einer unendlich kurzen Zeit auf Null zurückfallen, wie dies bis jetzt angenommen wurde. Dieser Fehler kann durch entsprechende Helligkeitssteuerung korrigiert werden (Strahlunterdrückung während der Abfallzeit).

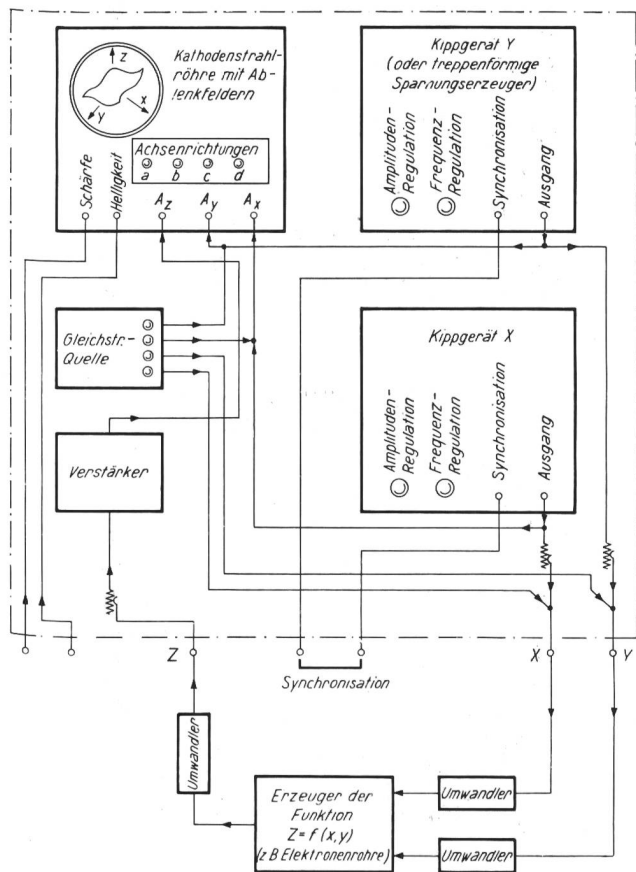


Fig. 11. Prinzipielles Schaltschema des Kathodenstrahl-Oszillographen zur Untersuchung der Funktionen zweier Variablen

Die Figur 11 zeigt das prinzipielle Schaltschema. Die einander überlagerten elektrischen Grössen dürfen sich gegenseitig nicht beeinflussen. Es muss also eine Art Entkopplungsschaltung vorgesehen werden.

Die Umwandler haben die Aufgabe, den elektrischen Vorgang (wie zum Beispiel in einen mechanischen) oder umgekehrt formgetreu umzuwandeln.

Das folgende Beispiel soll die vorstehenden Überlegungen veranschaulichen:

Es soll die «Kennfläche»  $i_a = f(U_a, U_g)$  einer Triode in einem beliebigen Bereich, zum Beispiel  $U_{a1} < U_a < U_{a2}$  und  $U_{g1} < U_g < U_{g2}$ , abgebildet werden. Die Anodenspannung setze sich zusammen aus der Anodengleichspannung  $U_{a1}$  und der Sägezahnspannung  $(U_{a2} - U_{a1})$  (Frequenz  $\cong 1000$  Hz), entsprechend der Felderzeugerspannung  $U_x$ . Die Gitterspannung bestehe aus der Gittergleichspannung  $U_{g1}$  und der treppenförmigen, allenfalls sägezahnförmigen Spannung  $(U_{g2} - U_{g1})$  (Frequenz  $> 50$  Hz), gemäss  $U_y$ .

Die Kennfläche entsteht nun, wenn der Anodenstrom  $i_a$  zur Z-Klemme geführt wird und die übrigen mitwirkenden Grössen geeignet eingestellt werden (s. Fig. 11).

Die Anwendungsmöglichkeiten dieses Kathodenstrahl-Oszillographen sind, wie diejenige der bis jetzt gebräuchlichen Oszillographen, von den notwendigen Hilfsschaltungen abhängig, die die gegebenen Zusammenhänge in elektrische Vorgänge umwandeln. Der Kathodenstrahl-Oszillograph gestattet nur die Darstellung einer Funktion mit der Zeit als Variablen. Möchte man eine Funktion aufzeichnen, welche die Zeit nicht als Variable hat, so werden hierzu Zusatzeinrichtungen erforderlich, um die Zeit als Parameter einzuführen.

Das in Figur 11 dargestellte Gerät braucht keine weiteren Hilfsapparaturen, sofern die Funktion und deren Variable elektrische Grössen sind.

#### IV. Bildaufnahmen

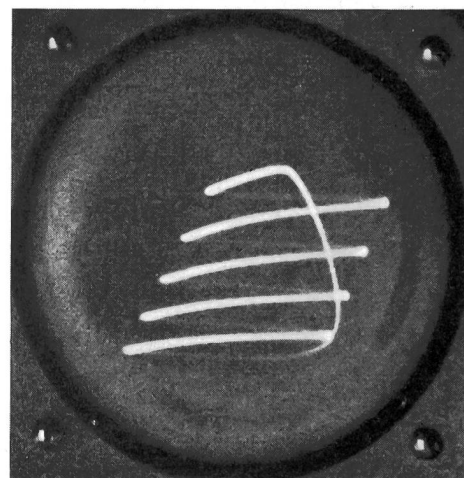


Fig. 12. Die Sägezahnsschwingungen haben nicht die gewünschten Eigenschaften. Der Anstieg ist nicht geradlinig. Die Gleichung  $t_n = n \cdot t_1$  ist nicht erfüllt

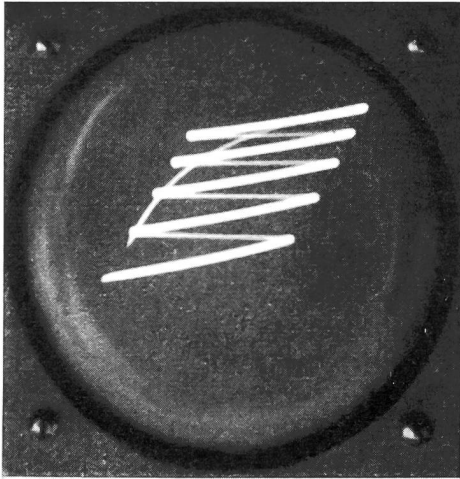


Fig. 13. Die Frequenz der x-Sägezahnsschwingung ist nicht genügend hoch

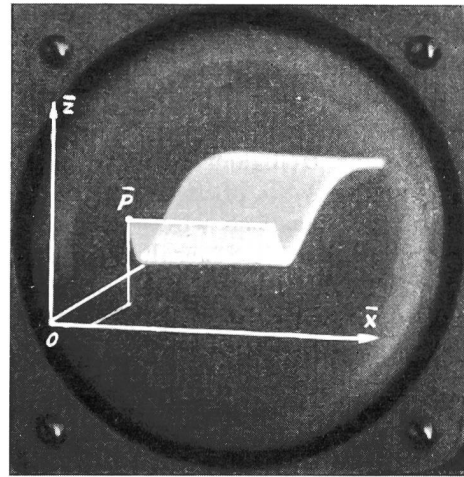


Fig. 16. Sinusfläche in y-Richtung

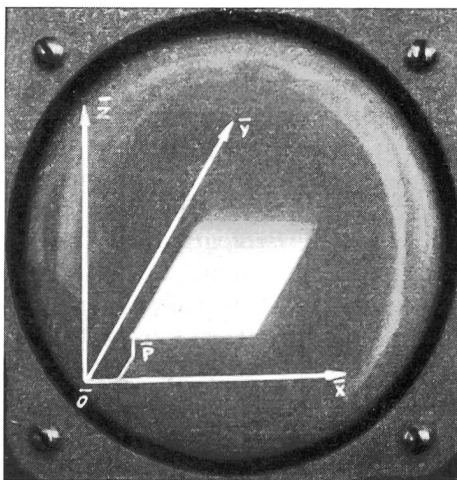


Fig. 14. Eine Abbild., die die vorausgesetzten Bedingungen erfüllt. Die räumliche Wirkung wird durch Steuerung der Helligkeit erhöht

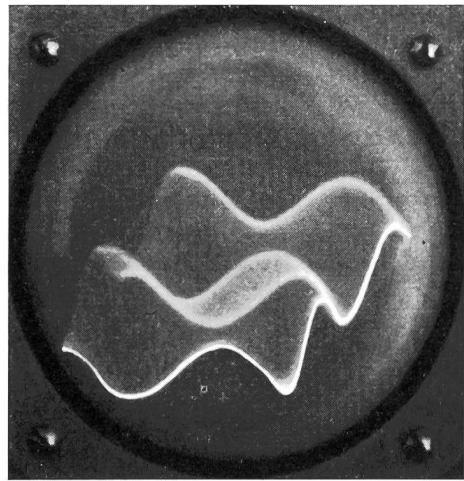


Fig. 17. Sinusfläche in x- und y-Richtung

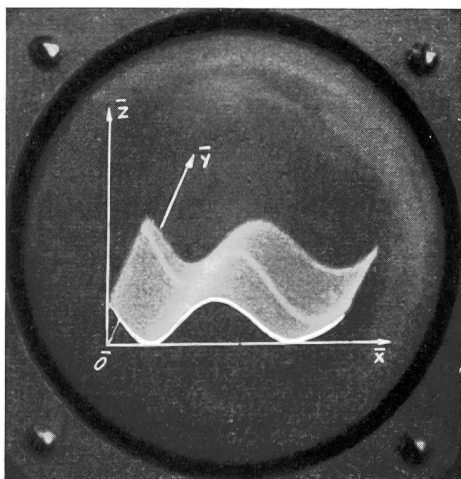


Fig. 15. Sinusfläche in x-Richtung

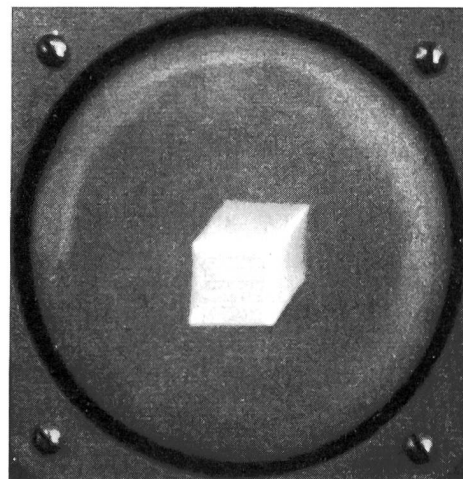


Fig. 18. Abbild eines Würfels

#### Bibliographie

- 1) *Schmitt, Otto H.* Cathode-Ray Presentation of Three-Dimensional Data. *J. Applied Physics* **18**, 1947, p. 819.
- 2) *Berkley, Carl.* Three-Dimensional Representation on Cathode-Ray Tubes. *Proc. Inst. Radio Eng.* **36**, 1948, p. 1530.

- 3) *Genç, S. und H. R. Rihs.* Dreidimensionales Ablenkgerät. Diplom-Aufgabe ETH Zürich, 30. April 1949.
- 4) *MacKay, D. M.* Projective Three-Dimensional Displays. *Electronic Engineering* **21**, 1949, p. 249 and 281.

Adresse des Verfassers: Dipl. Ing. S. Genç, zur Zeit Forschungs- und Versuchsanstalt der Generaldirektion PTT, Speichergasse 6, Bern.