**Zeitschrift:** Helvetica Physica Acta
**Band:** 22 (1949)
**Heft:** II

**Artikel:** Eine Bildzerlegerröhre ohne Speicherung nach Farnsworth
**Autor:** Schaetti, N.
**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-112003

**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:** 12.07.2025

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

# Eine Bildzerlegerröhre ohne Speicherung nach Farnsworth

von **N. Schaetti.**

(5. IV. 1949.)

Im Institut für Technische Physik der E. T. H. ist ein Fernseh-Filmbild-Abtaster für 729-Zeilen-Bilder mit einer Bildzerlegerröhre ohne Speicherung nach Farnsworth entwickelt worden.

Die Realisierung dieser Bildzerlegerröhre hat verschiedene Probleme mit sich gebracht, in erster Linie dasjenige der Herstellung der Photokathode. Um für die Projektion des Filmbildes auf die Photokathode lichtstarke Objektive verwenden zu können, ist diese als Durchsichtskathode auszubilden. Hiezu eignen sich die Legierungskathoden, wie sie von P. Görlich[1]) entwickelt worden sind. Als Legierungskomponenten werden Antimon und Caesium verwendet. Diese Photokathode besitzt ihre Höchstempfindlichkeit im blauen Spektralbereich. Ihre langwellige Grenze liegt bei 700 m$\mu$.

Die Vorteile der Legierungskathoden sind die folgenden:

1. Möglichkeit der Herstellung sehr dünner, gut durchlässiger Kathoden.
2. Höhere Empfindlichkeit der Zelle bei ihrer Verwendung als Durchsichtskathode, das heisst bei Belichtung der Zelle von hinten, als bei Verwendung derselben als Aufsichtskathode.
3. Unabhängigkeit der spektralen Empfindlichkeitsverteilung von der Schichtdicke der Kathode.

Neben dem grossen Vorteil einer hohen lichtelektrischen Ausbeute besitzt die Sb-Cs-Legierungskathode allerdings den Nachteil eines hohen Oberflächenwiderstandes dieser Schicht. Nach Messungen, die wir an solchen Zellen durchgeführt haben, liegt der Oberflächenwiderstand einer Sb-Cs-Schicht in der Grössenordnung von 5000 Ohm. Bei Verwendung einer Kohlenbogenlampe verunmöglicht dies die Projektion des ganzen Filmbildes im Grössenverhältnis 1:1 auf die Photokathode. Bei dieser ausserordentlich intensiven Belichtung der Zelle würde sich das Potential der Kathodenoberfläche mit wechselnder Lichtintensität stark verändern und dadurch die elektronenoptische Abbildung der Photokathode in die Zerle-

[1]) P. Görlich, Zeitschr. f. Phys. **101**, S. 335 (1936), Zeitschr. f. techn. Phys. **18**, S. 460 (1937).

gungsebene wesentlich stören. Daher ist die Kathode als Einzeilen-Photokathode auszubilden. Der wirksame Teil der Photokathode ist strichförmig, und die Strichbreite entspricht der Zeilenbreite des zu übertragenden Bildes. In der von uns hergestellten Röhre beträgt die Strichbreite 0,03 mm bei einer Länge von 30 mm.

Die Photokathode erzeugt somit unmittelbar die Zeile des zu übertragenden Bildes. Dieses wird mechanisch durch die gleichförmige Bewegung des Filmes zusammengesetzt. Ein Abtaster mit einer Einzeilen-Bildzerlegerröhre arbeitet somit in Bildrichtung mechanisch und nur in Zeilenrichtung elektronisch.

Eine der Hauptschwierigkeiten bei der Herstellung dieser Bildzerlegerröhre liegt in der Realisierung einer vollkommen homogenen Strichkathode. Ist diese nicht homogen, so tritt im Bilde eine Streifenstruktur in Bildrichtung auf, die stark störend wirkt. Dieses Problem ist heute weitgehend gelöst. Die Kathoden sind homogen bis auf eine Anzahl schwacher, feiner Streifen, deren Ursache heute aber noch nicht abgeklärt ist.

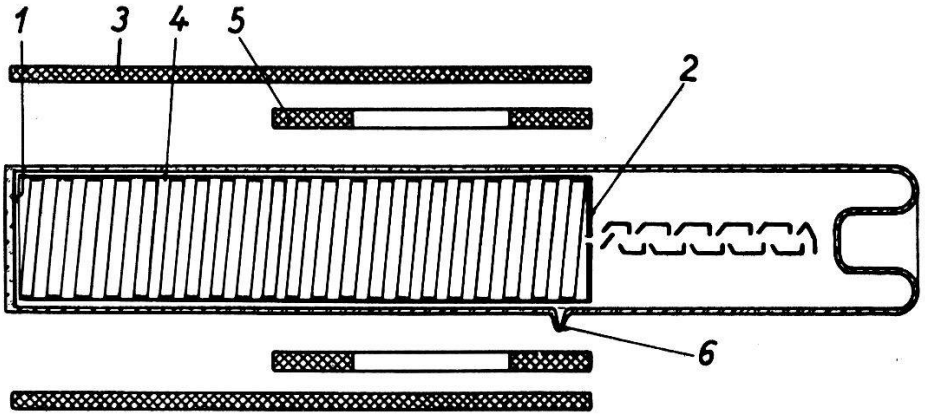


Fig. 1a.

Wichtig ist die Untersuchung der Lebensdauer einer hochempfindlichen Photokathode bei einer solch intensiven Belichtung. Versuche haben gezeigt, dass die Empfindlichkeit der Kathoden nicht abnimmt. Ein Exemplar einer Bildzerlegerröhre ist bereits einige hundert Stunden in Betrieb, ohne dass eine Abnahme der photoelektrischen Empfindlichkeit zu konstatieren ist.

In einer ersten Lösung wurde für die Abbildung der Photokathode in die Zerlegungsebene die bekannte Bildwandler-Elektronenoptik mit kombiniertem elektrischem und magnetischem Feld verwendet. Fig. 1a zeigt schematisch den Aufbau dieser Röhre.

Auf der im Glasrohr eingeschmolzenen planparallelen Platte 1 ist im Inneren eine undurchsichtige Silberschicht mit einem Spalt von 0,03 × 30 mm aufgedampft. Darauf wird die Photokathode herge-

stellt. Die bei Belichtung austretenden Photoelektronen werden in die Ebene 2 elektronenoptisch abgebildet. Dies geschieht durch die Kombination eines homogenen elektrischen Feldes (V = 6—8000 Volt) und dem magnetischen Feld der Spule 3.

Die Erzeugung des homogenen elektrischen Feldes ist auf 2 Arten versucht worden:

a) Auf einem in die Röhre eingeschmolzenen Glasrohr 4 wurde eine Spirale aus Aquadag hergestellt. Zu diesem Zwecke wurde dieses Rohr innen mit einem Aquadagbelag versehen und aus diesem nach dem Trocknen auf einer Drehbank eine Spirale ausgedreht. Nach dem Einbrennen des Belages erhielt man auf diese Weise einen Widerstand von $1—2 \times 10^6$ Ohm. Der Widerstand war über die ganze Rohrlänge genügend konstant.

b) In einer Glasröhre wurden in gleichmässigen Abständen 25 Platindurchführungen eingeschmolzen. Darauf wurden auf der Innenseite dieses Rohres 25 Platinringe auf chemischem Wege aufgebracht. Die Verbindung der einzelnen Ringe geschah über in Glasröhrchen eingeschmolzenen Widerständen von je 100000 Ohm. Damit war eine Annäherung an die Aquadagspirale erreicht.

In der Ebene 2, der Zerlegungsebene, befindet sich eine Blende mit zentraler Öffnung. Über diese Öffnung ist ein Platinplättchen mit einem Spalt von $0{,}04 \times 1{,}2$ mm aufgeschweisst. Dieser Spalt steht senkrecht zur Photozellenzeile. Durch ihn wird aus der Bildzeile der Bildpunkt ausgeblendet. Durch Hin- und Herführen des Elektronenbildes der Zeile über diesen Spalt mit Hilfe der Zeilenspule 5 wird diese in die einzelnen Bildpunkte zerlegt.

Hinter der Blende 2 ist ein 12stufiger Sekundär-Elektronenvervielfacher angeordnet für die Verstärkung des Elektronenstromes der einzelnen Bildpunkte. Die Verstärkung beträgt je nach der Grösse der angelegten Spannung $10^5$—$10^6$.

Im Verlaufe der Arbeiten an dieser Röhre hat es sich erwiesen, dass die Herstellung sehr grosse Schwierigkeiten bietet und zwar hauptsächlich die folgenden:

a) Das Antimon der Photokathode muss vor dem Einbau des Vervielfachers in die Röhre aufgedampft werden, was jeweils in einer speziellen Apparatur geschah. Das Aufdampfen des dünnen Antimonbelages vor dem Zusammenbau der Röhre hat zur Folge, dass diese nicht höher als auf 250° C aufgeheizt werden darf, damit das Antimon nicht abdampft. Dadurch wird die Röhre nicht genügend entgast. Im Betrieb haben alle Röhren sehr rasch eine Verschlechterung des Vakuums gezeigt, verbunden mit einer Zerstörung der Photokathode. Versuche an einfachen Photozellen haben zudem

gezeigt, dass Photokathoden, für welche das Antimon vor dem Zusammenbau der Zelle aufgedampft worden war, stets weniger empfindlich waren als bei normal hergestellten Zellen.

b) Der Spannungsteiler gab im Betrieb sehr rasch Gas ab.

c) Der Ansatz 6 für die Caesiumpillen musste zuweit von der Zelle weg angebracht werden, was grosse Schwierigkeiten verursachte um das Caesium auf die Kathode zu bringen. Es lagerte sich stets eine grössere Menge von Cs in den Spannungsteiler ein und veränderte seine Daten.

Auf Grund dieser Erfahrungen ist zur elektrostatischen Lösung der Bildwandlerabbildung übergegangen worden. Fig. 1b zeigt diese Variante des Bildzerlegers.

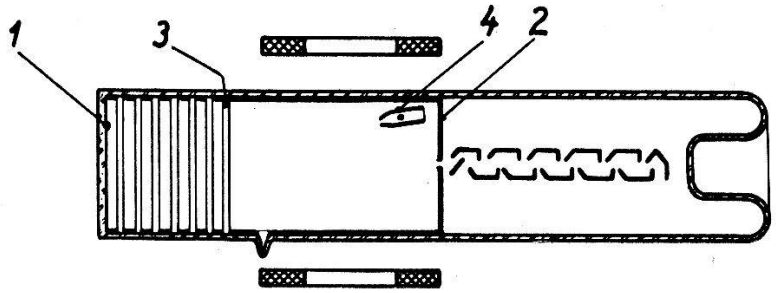


Fig. 1b.

Die Abbildung der Photokathode 1 auf die Blende 2 erfolgt mit der elektrostatischen Linse 3. Die Linsenspannung beträgt 4—5000 Volt. Die sechs Ringe zwischen Linse und Photozelle dienen der Korrektion der Bildfeldwölbungsfehler. Photozelle und Vervielfacher sind gleich wie bei der ersten Lösung.

Die Vorteile dieser Röhre sind die folgenden: Der Bildwandlerteil wird wesentlich verkürzt, was die Möglichkeit ergibt, das Antimon in der Röhre selbst aufzudampfen, nachdem diese ausgeheizt worden ist. Dazu ist auf der Blende 2 die Antimonverdampfungsquelle 4 angeordnet. Die Röhre wird nach dem Zusammenbau zunächst bei 400° C ausgeheizt, und erst nach diesem Prozess wird die Photokathode hergestellt. Dadurch ist die Entgasung der Röhre wesentlich verbessert und die Empfindlichkeit der Zelle gesteigert. Abbildung 2 zeigt die Bildzerlegerröhre in ihrer endgültigen Form.

Die Bildzerlegerröhre nach Farnsworth benötigt im Gegensatz zu anderen Systemen einen sehr bescheidenen Aufwand an elektrischen Zusatzgeräten. Auch Mechanik und Optik gestalten sich einfach, wenn, wie in unserem Falle, nicht nach dem Zwischenzeilenverfahren gearbeitet wird, sondern 25 volle Bilder pro Sekunde übertragen werden. Abbildung 3 vermittelt ein Gesamtbild des Abtasters.

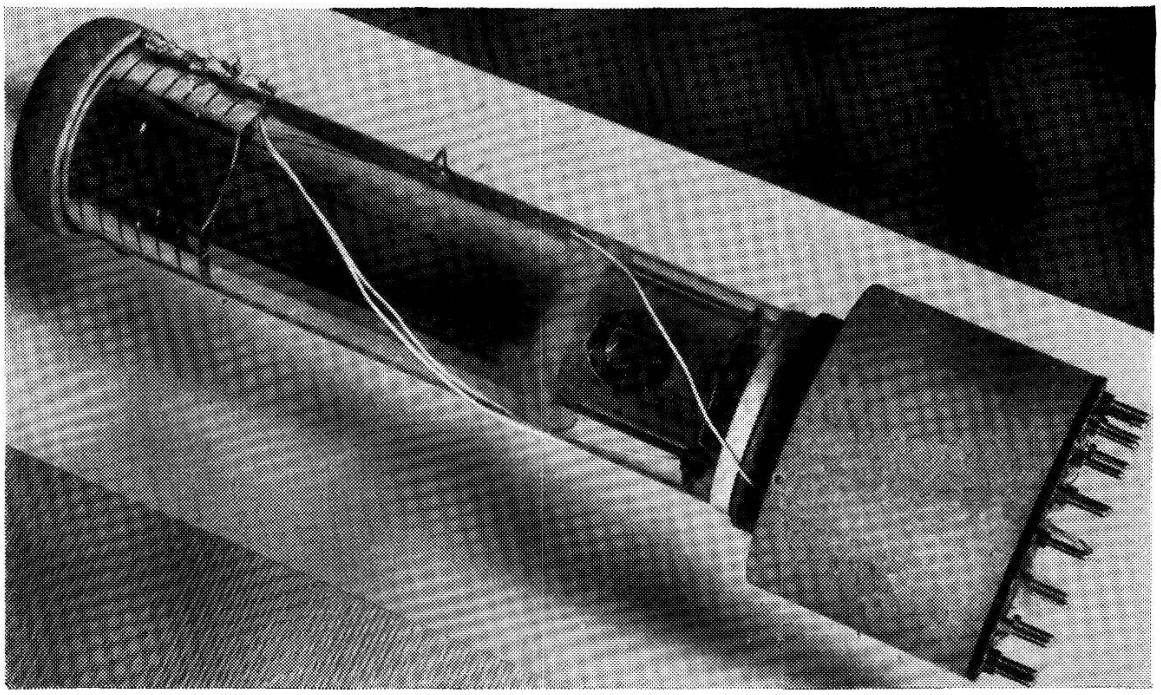

Fig. 2. Bildzerlegerröhre.

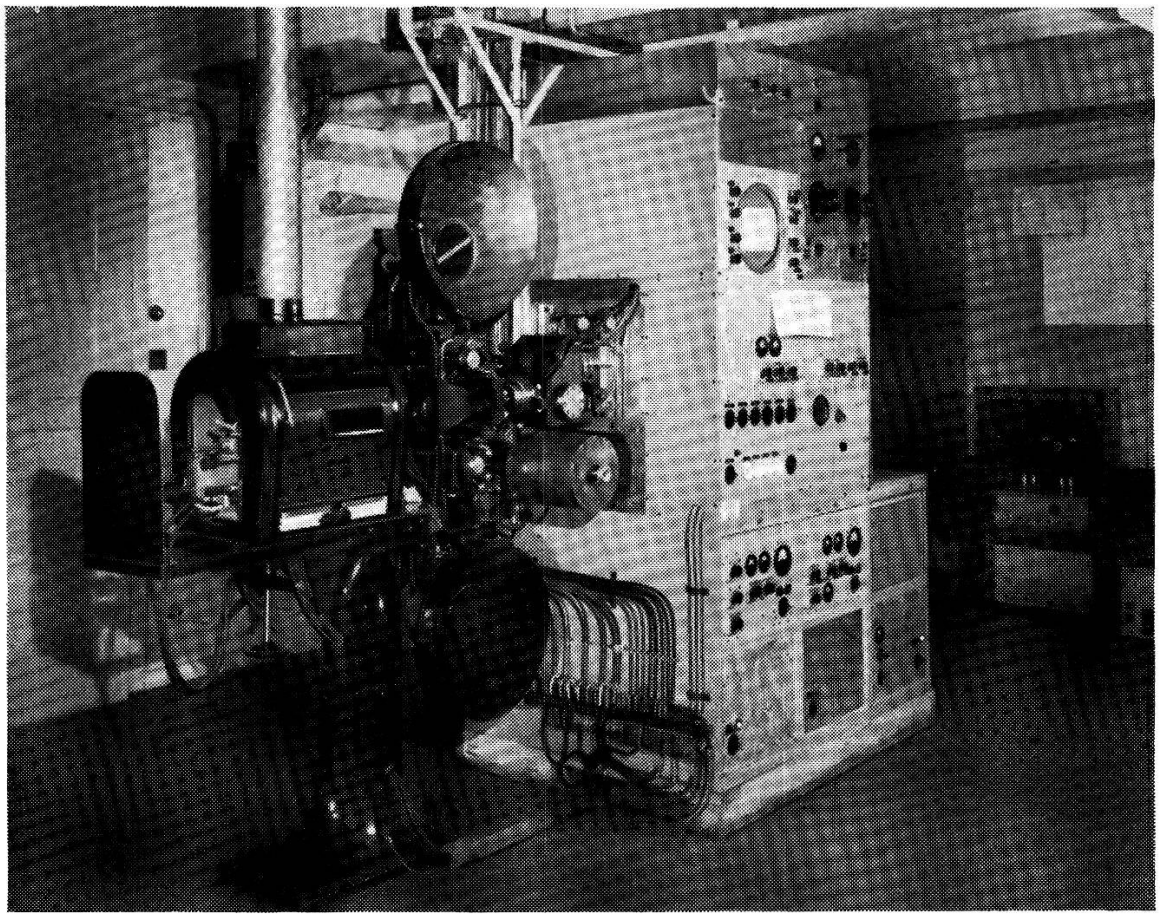

Fig. 3. Filmabtaster.

Es wird ein normaler 35 mm-Filmprojektor verwendet. Das Filmband wird kontinuierlich mit einer konstanten Geschwindigkeit von 25 Bildern pro Sekunde durch das Fenster bewegt. Als Antrieb dient ein vom Netz gespeister Synchronmotor. Dadurch, dass der zentrale Impulsgeber, welcher für die gesamte Fernsehanlage die Zeilen- und Bildsynchronisierungsimpulse liefert, ebenfalls genau auf das Netz synchronisiert ist, wird Gleichlauf gewährleistet.

In der Ebene der Photokathode der Bildzerlegerröhre ist ein lichtstarkes Bild des Filmes zu entwerfen. Als Lichtquelle dient die Kohlenbogenlampe mittlerer Stärke des Projektors. Durch den Hohlspiegel der Lampe wird deren Krater in die Filmebene abgebildet. Ein erstes Objektiv erzeugt ein reelles Bild im Unendlichen, ein zweites bildet letzteres auf die Photokathode ab, mit einer Vergrösserung von 1:1,06. Im telezentrischen Strahlengange zwischen den beiden Objektiven ist ein über eine Nockenwelle synchron zur Bildfrequenz betätigter Kippspiegel angeordnet, womit der Bildstrich relativ zur Bildhöhe je nach Wunsch vergrössert oder verkleinert werden kann.

Über die generelle Anordnung der elektrischen Zusatzgeräte orientiert das Blockschema in Figur 4.

Für den Betrieb der Bildzerlegerröhre werden Netzgeräte für die Elektronenoptik sowie für die Speisung des Sekundärelektronenvervielfachers benötigt. Bild- und Zeilenshiftgerät bringen das elektronenoptische Bild der Zeile in die richtige Lage zum Austastspalt. Eine zweite Gerätegruppe bilden Fokussierkorrekturgerät, Gerät zur Erzeugung der Austastimpulse, sodann Entkopplungs- und Anpassungsstufe und zuletzt der Kontrollempfänger.

Das Fokussierkorrekturgerät reduziert die Bildfeldwölbungsfehler. Durch das Zeilenkippgerät wird das elektronenoptische Bild der Zeile mit konstanter Geschwindigkeit in horizontaler Richtung am Eintrittsspalt des Vervielfachers vorbeigeführt, wodurch die Zeile in einzelne Bildpunkte zerlegt wird.

Der Bezugswert für «schwarz» wird durch Sperrung des Elektronenvervielfachers während des Zeilenrücklaufes geliefert. Man erreicht dies dadurch, dass eine einzelne Prallplatte des Elektronenvervielfachers über diese Zeit an ein relativ hohes, negatives Potential gelegt wird. Die Grösse dieses «Austastimpulses» beträgt 200 Volt. Dieses Verfahren gestattet die Einhaltung des Schwarzpegels unabhängig von der mittleren Helligkeit des Bildes, was insbesondere bei speichernden Bildzerlegerröhren ein schwieriges Problem darstellt.

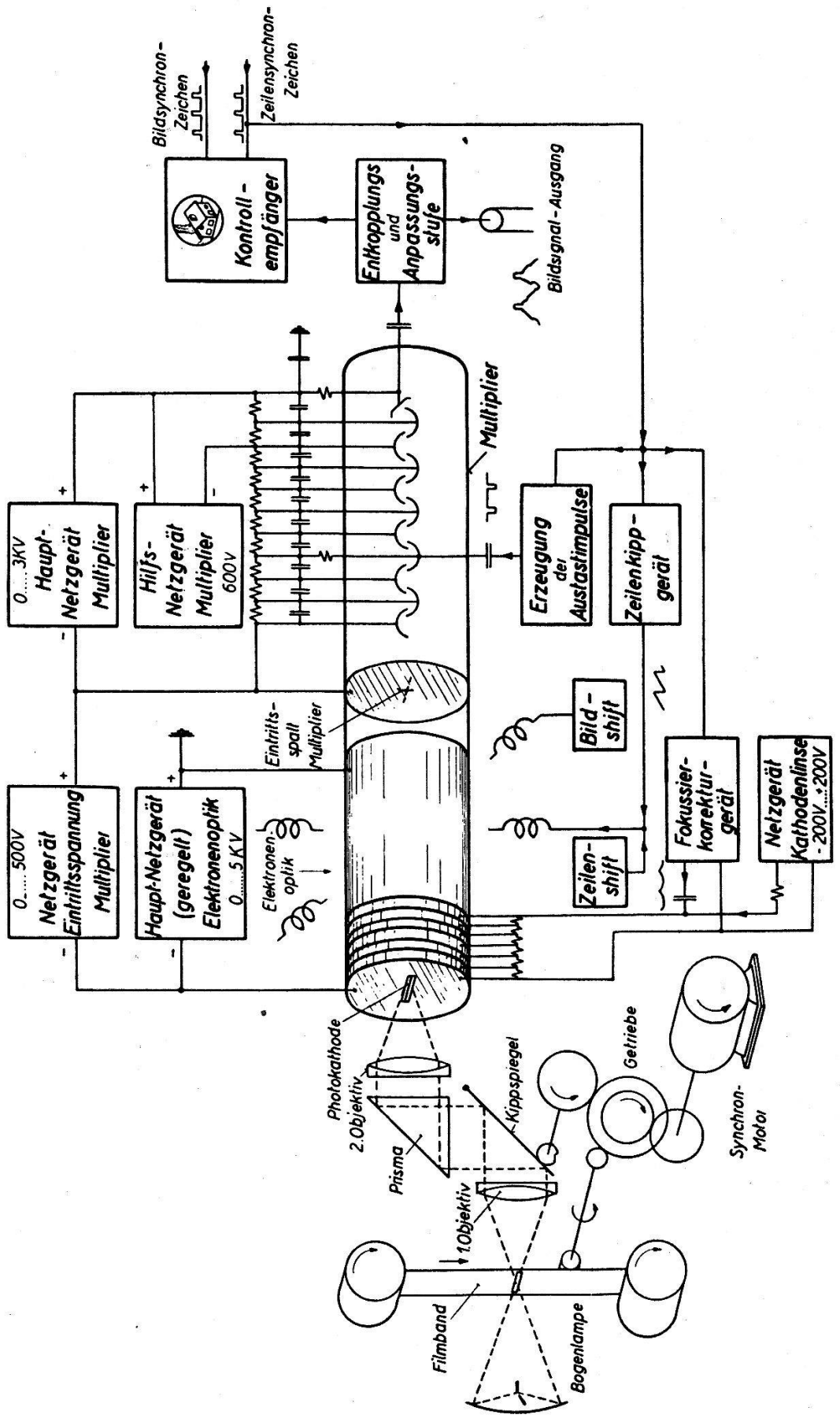


Fig. 4. Blockschema des Farnsworth-Filmabtasters.

Die Röhre liefert für ein weisses Bild einen Signalstrom von 1 mA, der an einem Arbeitswiderstand von 1000 Ohm eine Spannung von 1 Volt erzeugt. Es kann daher auf eine unmittelbare Spannungsverstärkung verzichtet werden. Es ist lediglich eine Stufe notwendig, die den Arbeitswiderstand der Bildzerlegerröhre an den Wellenwiderstand des Ausgangskabels anpasst.

Die Röhren zeigen praktisch kein Rauschen. Die mit der 3/100 mm breiten Photokathode und einem Zerlegungsspalt von 4,5/100 mm Breite erreichte Auflösung ist mit einem Testbild untersucht worden. Theoretisch ist folgende Auflösung zu erwarten:

In Bildrichtung: 1600 Bildpunkte
In Zeilenrichtung: 1000 Bildpunkte

wobei beide Bildpunktzahlen auf die Zeilenbreite bezogen sind. Da die wirkliche Zeilenzahl aber in unserem Falle 729 beträgt, ist die Auflösung in Bildrichtung in erster Linie durch die Zeilenzahl bestimmt. Mit dem 729-Zeilenraster beträgt die theoretische Auflösungsgrenze in Bildrichtung 810 Bildpunkte.

Die Messungen ergaben in Bildrichtung eine Auflösungsgrenze bei 700 Bildpunkten. In Zeilenrichtung wurde diese Grenze zu 600 Bildpunkten für das Zentrum des Bildes und zu 500 Bildpunkten für die Randpartien ermittelt. Diese Werte sind insbesondere in Zeilenrichtung bedeutend kleiner als die theoretischen. Dabei wurde festgestellt, dass weder die Optik noch die Elektrik die Auflösung begrenzen. Die ungenügende Auflösung ist daher auf Abbildungsfehler der Elektronenoptik zurückzuführen. Versuche zur Verbesserung der Elektronenoptik sind im Gange. Sie umfassen:

1. Ersatz der ebenen Photokathode durch eine Hohlkathode.
2. Verkleinerung des optischen Bildes auf der Photokathode, damit nur die zentralen Partien der elektrostatischen Linse zur Verwendung gelangen.

Institut für technische Physik der E.T.H.