

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 40 (1949)
Heft: 17

Artikel: Über die Leuchtschirm-Abtastung von Filmbildern in 875 Zeilen
Autor: Karolus, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1056389>

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: 13.01.2026

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

kannte Projektor mit optischem Ausgleich, System Mechau, verwendet. Da sich hierbei die relative Lage des abgebildeten Rasters in bezug auf das stetig bewegte Filmbild nicht ändert, ist die Transportgeschwindigkeit des Filmes völlig unabhängig vom Bildabstastvorgang. Zwischen Gleichlaufimpulsen und Motordrehzahl besteht also keinerlei mechanische oder elektrische Verbindung. Das Abtastlicht fällt nach Passieren des Filmes über eine Kondensoroptik in eine Photozelle von 10 cm Durchmesser mit eingebautem Netzvervielfacher. Die in der Fig. 1 gezeigte übliche Photozelle erwies sich wegen der bereits erwähnten Laufzeiterscheinungen als völlig ungeeignet. Über eine geeignete Photozelle werde ich später sprechen. An die Photozelle bzw. an den Vervielfacher, an dessen Ausgangswiderstand von 1 k Ω eine Nutzspannung von etwa 0,5 V zur Verfügung steht, schliesst sich ein Breitbandverstärker von wenigen Stufen an, der das Signal auf etwa 100 V verstärkt und der bei niederfrequenter Abtastung gleichzeitig die Entzerrung des Nachleuchtens vornimmt. Zur stetigen Überwachung dieser Entzerrung, der Punktschärfe und der Bildgeometrie ist ein hochwertiger Kontrollempfänger unentbehrlich.

3. Modulationsfähigkeit von Zinkoxyd-Phosphoren und Vergleich mit anderen Stoffen

Für die Beurteilung eines Phosphors und zur Dimensionierung des Vorverstärkers und der Entzerrung ist die Messung des Modulationsgrades in dem gesamten für den betreffenden Leuchtschirmabtaster notwendigen Frequenzbereich erforderlich. Solche Messungen an zahlreichen uns zugänglichen Phosphoren sind von einem meiner Mitarbeiter, Herrn J. Wolf [9] durchgeführt worden. Gemessen wurden Zinksulfid, Zink-Cadmium-Sulfide, Calciumwolframat und Zinkoxyd. Zinkoxyd ist sowohl in bezug auf den erreichbaren Modulationsgrad als auch auf die Nutz-Lichtausbeute allen anderen untersuchten Stoffen überlegen.

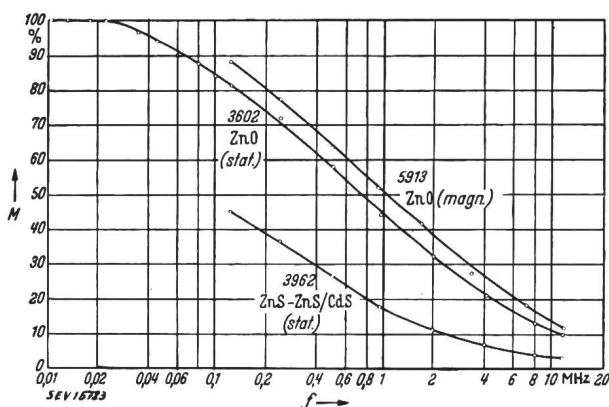


Fig. 2
Frequenzgang der Modulationsfähigkeit
 $U_a = 25$ kV
 M Modulationsfähigkeit

Fig. 2 zeigt den Frequenzgang der Modulation von Zinkoxyd im Bereich von 10⁴ Hz bis 12 MHz, bezogen auf eine Strommodulation von 100 %. Bis etwa 30 kHz stimmen Strom- und Lichtmodulationsgrad überein. Bei 1 MHz ist die Lichtmodulation für ZnO auf etwa 50% abgefallen, für ein ZnS-ZnS/CdS-Gemisch bereits auf 16%. Bei 12 MHz, einer Frequenz, die für die Wiedergabe eines 875 Zeilenbildes eben noch nötig ist, fällt die Modulation für ZnO auf 12% und für ZnS auf 3%. Bei gleicher Lichtausbeute von 2 HK/W ist also ZnO 4mal besser als das oft auch für Leuchtschirmabtaster verwendete ZnS. Die Modulationswerte liegen bei der wesentlich schärferen magnetisch fokussierten Röhre 5...7% höher als bei einer sonst gleichen Röhre mit elektrischer Linse bei gleicher Anodenspannung und gleichem Strahlstrom. Alle anderen oben genannten Stoffe liegen in ihrem Modulationsgraden schlechter als ZnS.

Im Gegensatz zu der wiederholt in der Literatur vertretenen Auffassung, dass mit einer Erhöhung der Energiedichte eine Verkürzung des Nachleuchtens, also eine Erhöhung der Modulationsfähigkeit des Phosphors verbunden sei, zeigen unsere Messungen, dass diese bei etwa 25 kV ein Maximum hat. Eine

Erhöhung der Anodenspannung von 25 auf 40 kV, die eine Vergrößerung der Lichtausbeute und der Fleckschärfe mit sich bringt, verschlechtert aber die Modulation um 10% (Fig. 3). Die Strahlströme, mit denen die Abtastrohre bei 875 Zeilen arbeitet, liegen bei 100 bis 400 μ A. Der Modulationsgrad ist im übrigen von der Grösse des Strahlstromes kaum abhängig. Nur so weit sich bei Änderung des Stromes die Temperatur ändert, auf die sich der bombardierte Leuchtschirm im Gleichgewicht einstellt, besteht eine Abhängigkeit der Lichtmodulation vom Strahlstrom. Bei einem Leuchtschirm, der wie üblich auf dem Kolbenboden des Rohres aufgetragen ist, stellt sich eine stationäre Übertemperatur erst nach etwa 10 Minuten Einschalt-

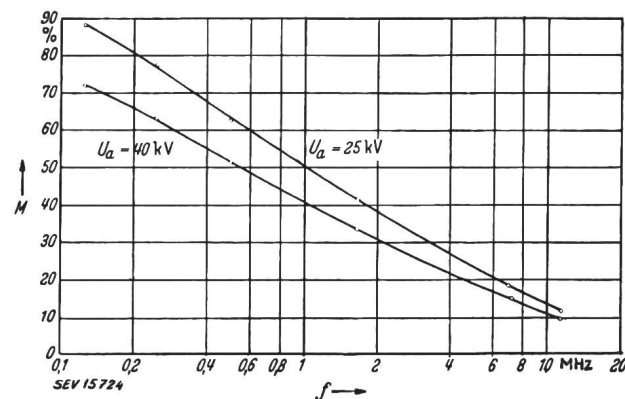


Fig. 3
Frequenzgang der Modulationsfähigkeit bei verschiedenen Anodenspannungen (fokussiert)
 M Modulationsfähigkeit

dauer ein. So lange nimmt der gemessene Modulationsgrad des ZnO-Leuchtschirmes ständig zu, die mittlere Helligkeit ständig ab. Durch eine Erwärmung der gesamten Abtastrohre auf 150 °C ist es gelungen, die Modulation des Lichtes fast zu verdoppeln — bei 12 MHz steigt der Modulationsgrad auf etwa 20% an. Gleichzeitig fällt das Gleichlicht, also die Ausbeute, beim Erwärmen des Schirmes auf 150 °C auf 52% ab.

Da der unmodulierte Anteil des Lichtes lediglich das Rauschen der Photozelle vergrößert ($U_R = k \sqrt{I_{Ph}}$), das Nutzsignal aber dem Modulationsfaktor M proportional ist, bedeutet eine Erhöhung der Modulation von 12 auf 20% eine wesentliche Verbesserung.

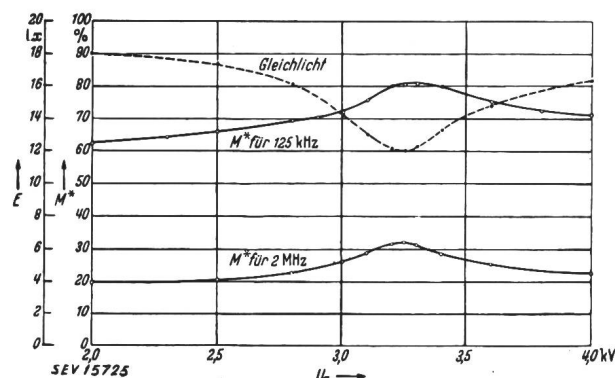


Fig. 4
Abhängigkeit der Modulationsfähigkeit und des Gleichlichtes von der Elektronenlinienspannung
 U_{a1} Elektronenlinienspannung
 U_{a2} Anodenspannung (25 kV, mit Raster)
 E Beleuchtungsstärke
 M^* Modulationsfähigkeit

[Die Modulationsfähigkeit und damit auch die notwendige Entzerrung hängt, wie bereits gesagt, ausserordentlich von der Rasterschärfe ab. Für alle Messfrequenzen erreicht die Modulation bei Variation des Stromes in der Konzentrationsschule oder bei Variation der Elektronenlinienspannung U_{a1} bei Scharfstellung ein Maximum, gleichzeitig wird das Gleichlicht

ein Minimum (Fig. 4). Dieses Minimum der Schirmhelligkeit, das über jede Sperrschichtzelle verfolgt werden kann, ist ein ausserordentlich gutes Kriterium für die Scharfstellung des Rasters und damit gleichzeitig für die optimale Modulation des Abtastlichtes.

4. Laufzeiterscheinungen an Photozellen

Literatur: [11; 12]. Die für den 875 Zeilen-Filmabtaster zuerst verwendete Photozelle hatte die in Fig. 1 gezeigte Form: Kugeldurchmesser 10 cm, Netzvervielfacher in seitlichem Ansatz, Verdampfer auf Kathodenpotential in der Kugelmittle. Die Sb-Cs-Kathode ist vom Abtastlicht fast in ihrer ganzen Fläche diffus beleuchtet. Photoelektronen, die im gleichen Augenblick an 2 verschiedenen Stellen der Kathode starten, haben bis zu 10 cm Wegdifferenz, ehe sie auf das erste Gitter des Vervielfachers auftreffen. Berechnet man zunächst für ein homogenes Feld die Laufzeitdifferenz zweier Elektronen von 10 cm Wegunterschied bei einer Beschleunigungsspannung von 130 V, so beträgt diese $0,5 \cdot 10^{-7}$ s. Für die zuerst verwendete Photozelle, bei der sich der Verdampfer in der Kugelmittle auf Kathodenpotential befindet, können die Laufzeitunterschiede wegen der Feldverzerrung durch den Verdampfer erheblich grössere Werte annehmen. Belichtet man eine solche Zelle diffus mit Licht, das durch eine Kerrzelle bei einer Frequenz von 10^7 Hz 100% moduliert ist, so wird der Laufzeitunterschied für Elektronen mit Bahnunterschieden von wenigen m vergleichbar mit der Dauer einer halben Periode und die Modulation des Photostromes beträgt nur noch wenige Prozent der Lichtmodulation. Die Verschlechterung des Modulationsgrades seiner Photozelle von 10 cm Durchmesser setzt bereits bei 1 MHz messbar ein. Der Abfall hängt völlig von der Lichtverteilung auf der Photoschicht und von der Feldverteilung zwischen Kathode und Anode bzw. zwischen Kathode und dem ersten Prallgitter ab. Lässt man dieselbe Lichtmenge einmal punktförmig (Fleckdurchmesser 4 mm) oder das andere Mal diffus auffallen, so ist die Strommodulation bei einer bestimmten Frequenz völlig verschieden. Fig. 5 zeigt für konstant gehaltenen Ausgangsstrom des Vervielfachers die Ausgangswechselspannung am Vervielfacher bei diffuser und bei punktförmiger Beleuchtung für Photospannungen von 0 bis 400 V. Da die Laufzeit der Photoelektronen mit \sqrt{U} kleiner wird, nähern sich die Kurven einander mit steigender Spannung.

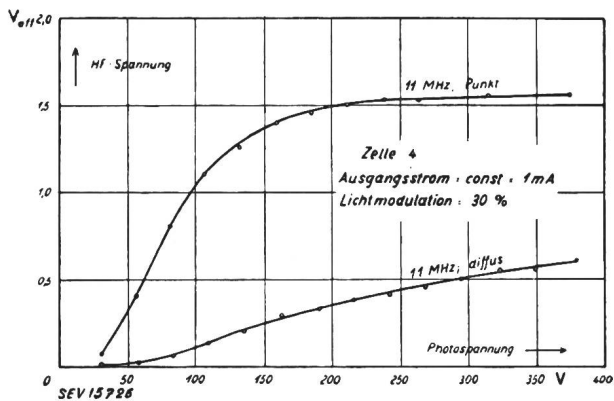


Fig. 5

Ausgangswechselspannung am Vervielfacher in Funktion der Photospannung

Die Ausleuchtung der Photoschicht ist aber bei einem Leuchtschirmabtaster mit Rücksicht auf den Verdampfer und die Lage der Kathode nur diffus durchzuführen. Mit einer solchen Photozelle, diffuser Beleuchtung und üblicher Spannung zwischen Kathode und erster Vervielfacherstufe beträgt die Modulation des Photostromes für Frequenzen über 10 MHz rund $\frac{1}{4}$ der Lichtmodulation. Die Lichtmodulation beträgt, wie wir früher gesehen haben, bei dem Phosphor mit der kleinsten Nachleuchtdauer, dem ZnO, nur $\frac{1}{5} \dots \frac{1}{8}$ der Strommodulation des Kathodenstrahles der Abtastzelle. Das Nutzsignal des Leuchtschirmabtasters, gemessen am Ausgang einer üblichen Photozelle bzw. des angeschlossenen Vervielfachers fällt also bei Frequenzen über 10 MHz auf 2...4% ab. Die durch die Laufzeiteffekte erzeugte Verschlechterung der Modulation

ist in der üblichen Photozelle von gleicher Grössenordnung wie der durch das Nachleuchten des Phosphors hervorgerufene Abfall der Lichtmodulation.

Bei grösseren Photozellen setzen die geschilderten Laufzeiterscheinungen bereits bei entsprechend tieferen Frequenzen ein. In Personenabtastern und Gegensehnanlagen für 441 Zeilen wurden wiederholt Photozellen mit 20 cm Kugeldurchmesser verwendet. Fig. 6 zeigt den Verlauf der Strommodulation einer solchen Zelle als Funktion der Beschleunigungsspannung zwischen Kathode und erstem Vervielfacher.

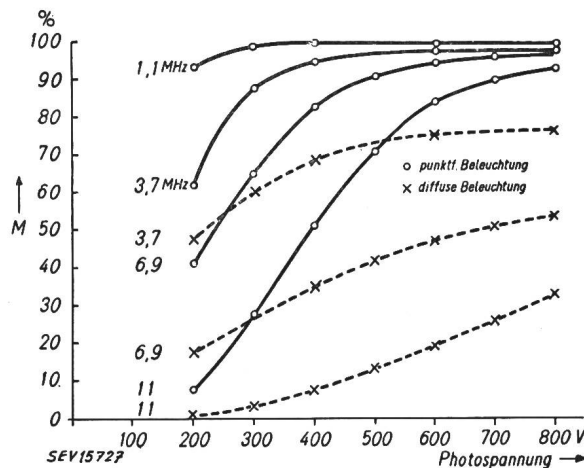


Fig. 6

Verlauf der Strommodulation in Funktion der Beschleunigungsspannung

Modulationsgrad des Photostromes für $M_{\text{Licht}} = 100\%$
Kugeldurchmesser 20 cm
Ausgangsstrom 1 mA (konstant)

fachernetz für Frequenzen zwischen 1 und 11 MHz für diffuse und punktförmige Beleuchtung. Die Kurven geben unmittelbar den Modulationsgrad des Photostromes. Für alle verwendeten Spannungen bzw. Frequenzen ist dabei der mittlere Ausgangsstrom durch Verändern des einfallenden Lichtes konstant gehalten. Das Licht selbst ist durch eine Kerrzelle 100% moduliert. Die Unterschiede zwischen diffuser und punktförmiger Beleuchtung sind, wie zu erwarten, bei der grösseren Photozelle etwa doppelt so gross. Auf Grund dieser Messungen ist es verständlich, dass damals mit den Photozellen von 20 cm Durchmesser bei trägerfrequenter Abtastung mit einer Trägerfrequenz von 8,4 MHz nur unbefriedigende Bilder erzielt wurden. Für eine Bildzerlegung in 875 Zeilen ist aber auch die Photozelle der beschriebenen Form von 10 cm Durchmesser nicht geeignet.

5. Photozellen ohne Laufzeitdifferenzen

Eine Photozelle, bei der auch bei diffuser Beleuchtung alle ausgelösten Photoelektronen gleiche Laufzeit haben, lässt sich am einfachsten so aufbauen, dass eine plane, halbdurchlässige Photoschicht von etwa 6 cm Durchmesser in möglichst kleinem Abstand parallel zum ersten Netz eines Vervielfachers angeordnet ist. Wenn mit Rücksicht auf die Hervorstellung der Kathode der Abstand zwischen Kathode und erstem Netz nicht weniger als 6...10 cm betragen kann, so sind wegen der auftretenden Wandladungen auch bei einer solchen Zelle erhebliche Beschleunigungsspannungen notwendig, um zu erreichen, dass die Laufzeitunterschiede der Photoelektronen unter 10^{-7} s bleiben. Für eine Frequenz von 12 MHz musste die Beschleunigungsspannung mindestens 1000 V betragen. Bei weiterer Erhöhung der Spannung nahm das Nutzsignal noch erheblich zu, leider auch der Dunkelstrom und das Rauschen der Zelle durch einsetzende Feldemission.

Diese unbequem hohe Beschleunigungsspannung liesse sich vermeiden durch Einbau eines Gitters in möglichst kleinem Abstand von der Photokathode, das auf positivem Potential gehalten wird. Eine andere Lösung bestünde in der Steuerung des Wandpotentials durch einige ringförmige Belege. Die transparente Photokathode bedeutet gegenüber der undurchsichtigen Schicht eine Verringerung der Lichtausbeute. Doch werden modulierter und unmodulierter Anteil des Abtastlichtes dadurch gleich geschwächt.

Die Messungen der Abklingdauer von Phosphoren, die ich eingangs beschrieben habe, sind bereits mit einer Photozelle ausgeführt worden bei der alle ausgelösten Elektronen gleiche Laufzeit haben. Der verwendete Sekundärelektronen-Vervielfacher mit Netzen ist bis 10^8 Hz ohne Einfluss auf die hier diskutierten Vorgänge.

6. Ergebnisse

Unter Verwendung von ZnO-Phosphoren und der eben beschriebenen Photozelle war es möglich, einen Filmabtaster für 875 Zeilen sowohl in trägerfrequenter wie in niederfrequenter Abtastung zu verwirklichen. Bei niederfrequenter Abtastung genügte bei 25 kV Anodenspannung ein Strahlstrom von 100 μ A für ein ausgezeichnet scharfes und kontrastreiches Bild. Das Verhältnis Signal- zu Rauschspannung war grösser als 20. Die Entzerrung erfolgte durch 2 in Serie liegende RC-Glieder, die als frequenzabhängige Gegenkopplung in der ersten dem Multiplier folgenden Verstärkerstufe liegen. Die Einstellung der Gegenkopplung war kritischer als bei 441 Zeilenbildern, vor allem weil Anodenspannung und Linsenspannung bzw. Linsenstrom auf die notwendige Entzerrung von Einfluss sind.

Die trägerfrequente Abtastung liefert Bilder mit kleinerem Kontrastumfang und etwas geringerer Schärfe. Der Strahlstrom der Abtaströhre muss auf 200...400 μ A erhöht werden, was trotz Erhöhung der Anodenspannung auf 40 kV eine merkliche Strahlverbreiterung und Abnahme der Modulation mit sich bringt. Die Trägerfrequenz lässt sich mit Rücksicht auf den weiteren Abfall der Modulation höchstens auf etwa 20 MHz erhöhen. Nach den Erfahrungen mit Leuchtschirm-Abtastern mit 441 Zeilen sollte die Trägerfrequenz für 875 Zeilen 32 MHz betragen. Besonders störend wirkt sich bei der trägerfrequenten Abtastung die Kornstruktur des Leuchtschirms aus. Die Korngrösse der verwendeten ZnO-Schirme lag bei 3...10 μ m. Bei Abtastung dieser Phosphorkörner durch einen Kathodenstrahl von etwa 60 μ m Seitenlänge entsteht eine Stör-Modulation des Abtastlichtes mit Frequenzen, die

innerhalb der notwendigen Bandbreite des Verstärkers liegen. Erst die Schaffung von kornlosen Leuchtschirmen, etwa im Aufdampfverfahren, dürfte hier eine Besserung bringen.

Literatur

- [1] Bedford, L. H., und O. S. Puckle: J. Inst. Electr. Engrs. Bd. 75(1934), S. 71.
- [2] Schnabel, M.: Z. techn. Phys. Bd. 17(1936), S. 25 ff. Schnabel, M.: Arch. Elektrotechn. Bd. 30(1936), S. 461 ff.
- [3] Knoll, M., und H. Elstermann: Telefunken Hausmitt". Bd. —(1937), Nr. 77, S. 65.
- [4] Schleede, A., und B. Bartels: Z. techn. Phys. Bd. 19(1938), S. 364.
- [5] Schröter, F.: Telegr. Fernspr. Funk- u. Fernseh-techn. Bd. 27(1938), Sonderheft, S. 536.
- [6] Brückensteinkehl, K.: Fernseh-Hausmitt". Bd. 1(1939), S. 179...186.
- [7] Müller, J. J.: Z. Hochfrequenz-techn. u. Elektroakustik Bd. 53(1939), S. 111...115.
- [8] Schleede, A., und Bartels, B.: Telefunken Hausmitt". Bd. 20(1939), Nr. 81, S. 100.
- [9] Wolf, J.: Elektr. Nachr. Techn. Bd. 18(1941), S. 204...217.
- [10] Brückensteinkehl, K.: Fernseh-Hausmitt". Bd. 2(1942), Nr. 5, S. 143...150.
- [11] Mende, G.: Diss. Leipzig 1941.
- [12] Geest, H.: Z. Hochfrequenz-techn. u. Elektroakustik Bd. 57(1941), S. 75.
- [13] Malter, L.: Proc". Inst. Radio Engrs. Bd. 29(1941), S. 587...589.
- [14] Malter, L.: Proc". Inst. Radio Engrs. Bd. 35(1947), S. 1074...1076.
- [15] Sard, R. D.: I. Appl. Phys. Bd. 17(1946), S. 768.

Adresse des Autors:

Prof. Dr. phil. A. Karolus, Höhestasse 52, Zollikon (ZH), Schweiz.

Eine Bildzerlegerröhre ohne Speicherung für Filmabtastung

Von N. Schaetti, Zürich

621.397.611.2

Im Verlaufe unserer Arbeiten auf dem Gebiete des Fernsehens hat sich uns die Aufgabe gestellt, einen Filmabtaster zur Erzeugung eines 729-Zeilen-Bildes herzustellen.

Dem speziellen Verwendungszweck des Abtasters entsprechend, ist auf die folgenden Forderungen speziell Gewicht gelegt worden:

1. minimales Rauschen,
2. von der Bildhelligkeit unabhängig festgelegter Schwarzpegel und gute Gradation.

Der Abtaster findet Verwendung für die Übertragung von 25 vollen Bildern pro Sekunde, d. h. er arbeitet nicht nach dem Zwischenzeilenverfahren.

Nach Untersuchung der verschiedenen Möglichkeiten für die Lösung dieser Aufgabe haben wir uns zur Herstellung einer Bildzerleger-Röhre nach dem bekannten Farnsworth-Prinzip entschlossen.

Hinsichtlich des Rauschens ist die Forderung aufgestellt worden, dass dieses für den hellen Bildpunkt höchstens 1% des Nutzsignales betragen dürfe, d. h. bei einer Gradation von 1:100 für den dunklen Bildpunkt höchstens 10%. Zur Erfüllung dieser Forderung ist allerdings die Verwendung eines Abtasters mit normaler Bogenlampe notwendig. In Verbindung mit einer hochempfindlichen Photokathode erhält man auf diese Weise für den hellen Bildpunkt eines 729-Zeilen-Bildes ein Signal von ca. 10^{-8} , entsprechend ca. 10 000 Photoelektronen. Der grosse Vorteil der Anwendung einer Farnsworth-Röhre liegt weiter darin, dass zur Verstärkung des Bildsignales ein Sekundärelektronenvervielfacher verwendet werden kann, womit das Verhältnis von Nutz- zu Störsignal durch die Verstärkung nur ganz unwesentlich beeinträchtigt wird.

Die Sperrung des Vervielfachers durch einen mit dem Zeilenzeichen gesteuerten Generator gestattet die Einhaltung des Schwarzpegels unabhängig von der mittleren Bildhelligkeit, was besonders bei speichernden Bildzerlegerröhren ein schwieriges Problem darstellt.

Die Realisation dieser Abtaströhre hat verschiedene Probleme mit sich gebracht, insbesondere jenes der Ausbildung der Photokathode. Damit ein lichtstarkes Objektiv verwendet werden kann, ist die Photokathode als Durchsichtskathode auszubilden. Es kommt daher eine Photokathode vom Legierungstypus Antimon-Caesium zur Anwendung, die allerdings neben dem grossen Vorteil der hohen lichtelektrischen Ausbeute von ca. 50 μ A/lm den Nachteil einer schlechten Leitfähigkeit der Schicht besitzt. Nach Messungen, die wir an speziellen Zellen ausgeführt haben, liegt der Oberflächen-Widerstand einer solchen Photokathode in der Grössenordnung von 5000 Ω . Dies verunmöglicht, bei Verwendung einer Bogenlampe, 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 Beleuchtung stark verändern und dadurch die elektronenoptische Abbildung der Photokathode in die Analysationsebene beeinträchtigen.

Dies ist vermieden worden, indem die Bildzerlegerröhre als Einzeilenröhre ausgebildet worden ist. Die Photokathode ist strichförmig, und sie weist bei einer Länge von ca. 30 mm eine Breite von 0,03 mm auf, was der Zeilenbreite des Bildes entspricht. Die Herstellung dieser strichförmigen Photokathode ist das Hauptproblem der Realisation der Abtaströhre.

Sehr wichtig war sodann die Abklärung der Frage nach der Lebensdauer einer hochempfindlichen Photokathode bei dieser intensiven Belichtung. Versuche haben gezeigt, dass die Empfindlichkeit der Photokathoden nicht abnimmt. Eine unserer Bildzerlegerröhren ist nun schon einige 100 Stunden in Betrieb, ohne dass die geringste Abnahme der photoelektrischen Empfindlichkeit zu konstatieren wäre.

Die Photokathode des Bildzerlegers erzeugt unmittelbar die Zeile des zu übertragenden Bildes und dieses wird mechanisch durch die gleichförmige Bewegung des Filmes über die Zelle zusammengesetzt. Der Abtaster ist somit in Bildrichtung mechanisch und nur in Zeilenrichtung elektronisch. Hier ist