



# **FERNSEH A.G.**

**HAUSMITTEILUNGEN AUS FORSCHUNG UND BETRIEB DER FERNSEH AKTIENGESELLSCHAFT, BERLIN**

**1. BAND · HEFT 3 · APRIL 1939**

## Inhalt:

	Seite
Georg Schubert Wolfg. Dillenburger Horst Zschau Rolf Möller	Das Zwischenfilmverfahren. I. Teil ..... 65
	Der Linsenrasterschirm ..... 72
Theodor Mulert und Herbert Bähring	Transformatorkippgeräte ..... 82
Johannes Günther	Rasterformen bei doppeltmagnetischer Ablenkung des Elektronenstrahls in Weitwinkel-Kathodenstrahlröhren ..... 88
Werner Flechsig	Ueber die elektrostatische Ablenkung in Kathodenstrahlröhren mit nichtebenen Ablenkplatten ..... 94
Johannes Schunack	Die Erzeugung von Zeilensprunggleichlaufimpulsen nach dem Hilfssignalverfahren ..... 98
Johannes Schunack	Fernsehaufnahmegeräte der EIAR in Rom ..... 102

---

Die Zeitschrift erscheint in zwangloser Folge. Herausgeber: Fernseh Aktiengesellschaft, Berlin-Zehlendorf, Goerzallee. Nachdruck mit genauer Quellenangabe ist unter Einsendung von zwei Belegexemplaren gestattet. Schutzgebühr Inland RM 1,50, Ausland RM 2,50.



# FERNSEH A.G.

Hausmitteilungen aus Forschung und Betrieb der Fernseh Aktiengesellschaft, Berlin

Verantwortlich für den Inhalt: Dr. Rolf Möller und Dr.-Ing. Georg Schubert

1. Band

Heft 3

April 1939

## Das Zwischenfilmverfahren.

Von G. Schubert, W. Dillenburger und H. Zschau.

Inhalt: Die möglichst schnelle Herstellung eines für die elektrische Uebertragung geeigneten Filmbildes und die damit verknüpften Einzelprozesse wie Entwicklung, Fixierung, Wässerung und Trocknung werden unter Einbeziehung besonderer Verfahren beschrieben. Ferner wird der Zusammenhang dieser Prozesse mit den photographischen bzw. mechanischen Eigenschaften des zur Verwendung gelangenden Filmmaterials dargelegt.

Als Ende des Jahres 1930 bei der Fernseh Aktiengesellschaft die ersten tastenden Versuche zur Entwicklung eines Zwischenfilmverfahrens unternommen wurden, sollte es lediglich dem Zweck der Lichtspeicherung auf der Aufnahme Seite dienen. Auf Grund der erzielten Erfolge wurde es wenig später auch auf die Empfangsseite für Großprojektionszwecke übertragen. Außer der Lichtspeicherung brachte das Verfahren die Möglichkeit mit sich, die Szenen beliebig oft wiederholen zu können, also die Konservierung des Bildes für Bildberichterstattung.

Wenngleich das Zwischenfilmverfahren in der Folgezeit durch die Speicherröhre bzw. durch die Entwicklung des Elektronenstrahlrohres in Verbindung mit Speziälschirmen in seiner Bedeutung als Lichtspeicher abgelöst wurde, war die in photographischer und technischer Hinsicht in das Zwischenfilmverfahren gesteckte Arbeit nicht vergebens, sondern leitete ganz allgemein zu Schnellentwicklungsverfahren über, die neuerdings für die sogenannte Schnellberichterstattung besonders an Interesse gewinnen und im übrigen nicht nur auf dem elektrischen Nachrichtengebiet, sondern auf vielen anderen Gebieten, wo es sich darum handelt, in sehr kleinen Zeiträumen nach der Aufnahme ein photographisches Bild betrachten oder irgendwie auswerten zu können, Anwendung finden. Sowohl bei dem ursprünglichen Zwischenfilm- als auch bei dem sich daraus ergebenden Schnellberichterstattungsverfahren han-

delt es sich grundsätzlich um die Lösung dreier Teilaufgaben, nämlich

- I. die möglichst schnelle Herstellung eines für die elektrische Uebertragung geeigneten Filmbildes (Negatives),
- II. die Schaffung einer an die Besonderheiten dieses Filmbildes gebundenen elektrischen Abtast- und Uebertragungstechnik, und
- III. die Entwicklung der zur Erzeugung des Schnellbildes erforderlichen Einrichtungen.

### I. Das photographische Schnellbild.

Die durch das photographische Schnellbild zu erfüllenden Bedingungen ergeben sich in erster Linie durch die anschließende elektrische Bildübertragung. Die durch das Bild gelieferten Schwärzungsunterschiede müssen unbedingt so groß sein, daß sie über dem Rauschpegel des zur Uebertragung dienenden Verstärkers liegen. Da diese Forderung bei Durchführung eines außerordentlich kurzen Entwicklungs-, Fixier-, Wässerungs- und Trocknungsprozesses, wobei der Film verschiedenen mechanischen und thermischen Beanspruchungen unterworfen wird, zu erfüllen ist, und im übrigen durch den Film auch die üblichen photographischen Anforderungen, wie höchste Empfindlichkeit usw. erfüllt werden müssen, ergibt sich zunächst eine Fülle von einander widersprechenden Forderungen, welche in ihrer gegen-

seitigen Wechselwirkung systematisch geklärt werden sollen.

a) Photographische Grundbegriffe.

Da gerade die im Schnellberichterstattungsverfahren zur Verwendung gelangenden Bilder auch unter ungünstigsten Umständen aufgenommen werden müssen, muß der verwendete Film höchstempfindlich sein. Ueber die Definition des Begriffs

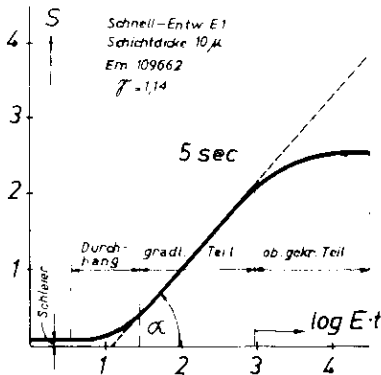


Abb. 1: Beispiel einer Schwärzungskurve.

Empfindlichkeit siehe Normblatt DIN 4512; erwähnt sei hier nur, daß in der Kintotechnik Negativrohfilm bis zu  $23/10''$  DIN benutzt wird, wobei minus  $3/10''$  DIN immer halbe Empfindlichkeit bedeuten. Die Empfindlichkeit der Fernseh-Spezialfilme läßt sich meist mit Rücksicht auf die anderen geforderten Eigenschaften nicht so hoch treiben, wie bei normalen Kinofilmen. Die praktische Eignungsprüfung von Fernsehfilmen für das Zwischenfilmverfahren erfolgt unter anderem durch die Aufnahme der Schwärzungskurve, welche das zahlenmäßige Verhältnis zwischen Belichtung und Schwärzung wiedergibt und zugleich viele andere Rückschlüsse hinsichtlich der Verwendbarkeit des Filmes erlaubt. Zum näheren Verständnis der Schwärzungskurve seien hier ganz kurz einige Definitionen photographischer Grundbegriffe gegeben.

Unter Transparenz  $T$  versteht man das Verhältnis des durch die Schicht hindurchgehenden Lichtstromes  $\Phi_d$  zum auffallenden Lichtstrom  $\Phi_a$ , also

$$T = \frac{\Phi_d}{\Phi_a}$$

Die Schwärzung  $S$  ist der dekadische Logarithmus des reziproken Wertes der Transparenz (auch Opazität genannt)  $O = 1/T = \frac{\Phi_a}{\Phi_d}$ , also  $S = \log \frac{1}{T} = \log \frac{\Phi_a}{\Phi_d}$ .

Die Schwärzung  $S$  wird deshalb als Logarithmus der Opazität angegeben, um eine additive Größe zu erhalten. Man kann also die Schwärzungen verschiedener hintereinanderliegender Schichten ohne weiteres addieren. Die Schwärzungswerte selbst werden in Sensitometern bestimmt, wobei sowohl in gerichtetem, als auch in diffusem Licht gemessen werden kann. Im gerichtetem Licht werden höhere

Schwärzungen als im diffusen ermittelt. Es sei hier bemerkt, daß sämtliche im folgenden beschriebenen Schwärzungskurven im Densographen, also im diffusen Licht aufgenommen wurden.

Abb. 1 zeigt eine Schwärzungskurve, in welcher die ermittelte Schwärzung über dem Logarithmus der Belichtung aufgetragen ist. Unter Belichtung oder Exposition  $L$  versteht man dabei das Produkt aus Beleuchtung  $E$  der Schicht in Lux und der Zeit  $t$  in sec, also  $L = E \cdot t$  luxsec. Man unterscheidet bei der Schwärzungskurve im allgemeinen drei voneinander nicht immer sauber getrennte Gebiete, nämlich das sogenannte Durchhangsgebiet, den geradlinigen Teil und den oberen gekrümmten Teil. Die Neigung des geradlinigen Teiles wird als Steilheit Gamma ( $\gamma$  "ig") bezeichnet. Die Ordinate des unteren waagerechten Teiles der Schwärzungskurve gibt die Größe des Schleiers, die des oberen waagerechten Teiles die erreichbare Maximalschwärzung an. Unter Schleier ist die bei der Entwicklung einer Schicht entstehende gleichmäßige Schwärzung zu verstehen, welche die verschiedensten Ursachen haben kann, z. B. zusätzliche Belichtung, lange Lagerung usw. Unter Entwicklungsschleier versteht man dagegen die an unbelichteten Stellen nach der Entwicklung vorhandene Schwärzung. Die bereits definierte Steilheit  $\gamma$  wird auch häufig als Gradation bezeichnet, was aber grundsätzlich nur im geradlinigen Teil der Schwärzungskurve erlaubt ist. Beim Zwischenfilmverfahren wird wegen der relativ geringen Filmempfindlichkeit und der kurzen Entwicklungszeiten häufig im Durchhangsgebiet gearbeitet, weswegen zur Kennzeichnung der Gradation drei Zahlen benutzt werden müßten, die dann angeben, welche Leuchtdichtesprünge in den Lichtern, Mitteltönen und Schatten gerade noch wiedergegeben werden. Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, daß man unter Schwärzungsumfang die Differenz aus der höchsten und geringsten Schwärzung eines Negatives (oder Positives) versteht, während der Objektumfang das Verhältnis der Leuchtdichte in den Lichtern zu der in den Schatten eines Objektes angibt, z. B. 100 : 1 oder logarithmisch 2.

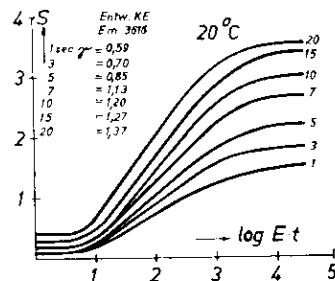


Abb. 2: Schwärzungskurve in Abhängigkeit von der Entwicklungszeit.

b) Entwicklung.

Da bei dem Zwischenfilmverfahren die photochemischen Prozesse in möglichst kurzer Zeit abgewickelt werden sollen, ist zunächst kürzeste Ent-

wicklungszeit des belichteten Filmes Bedingung. In Abb. 2 ist eine Schar von Schwärzungskurven festgehalten, welche die Abhängigkeit von der Entwicklungszeit bei im übrigen gleichen Bedingungen zeigt. Aus ihnen geht hervor, daß sowohl der Schwärzungsumfang als auch die Steilheit stark von der Entwicklungszeit abhängen. Die aus Abb. 2 ermittelte Abhängigkeit der Steilheit über der Entwicklungszeit zeigt Abb. 3. Aber nicht nur die Entwicklungszeit allein, auch die Zusammensetzung des Entwicklers, die Temperatur usw. spielt eine große Rolle. In Abb. 4 ist bei zwei verschiedenen Entwicklungszeiten die Abhängigkeit der Steilheit  $\gamma$  von der Alkalikonzentration aufgetragen. Wie man sieht, nimmt die Steilheit mit zunehmender Alkalikonzentration zu, leider aber auch der Bildschleier, was aus hier nicht abgebildeten Schwärzungskurven entnommen werden kann. Die praktisch anwendbare Konzentration ist außerdem durch die Eigenschaften der Emulsionsschicht selbst begrenzt. So bildet sich z. B. durch zu stark konzentrierten Entwickler leicht Runzelkorn, besonders, wenn zwischen

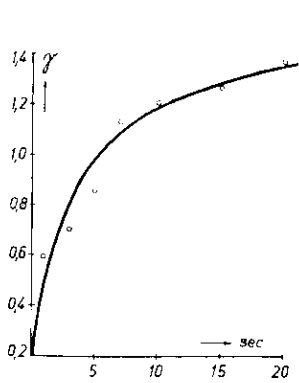


Abb. 3:  $\gamma$ -Entwicklungszeit-Kurve zu Abb. 2.

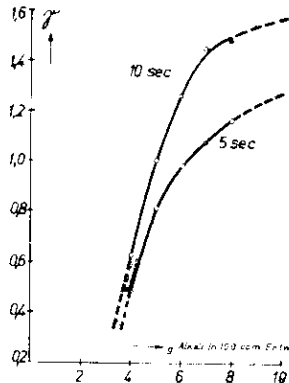


Abb. 4:  $\gamma$  in Abhängigkeit vom Alkaligehalt des Entwicklers bei verschiedenen Entwicklungszeiten.

Entwickler und Fixierbad Temperatursprünge auftreten. Die Abb. 5 und 6 zeigen bei zwei verschiedenen Entwicklungszeiten (5 und 10 sec) eine Schar von Schwärzungskurven in Abhängigkeit von der Entwicklertemperatur. Die zugehörigen Gammawerte sind in Abb. 7 in Abhängigkeit von der Temperatur zusammengestellt. Bei höheren Temperaturen und längeren Entwicklungszeiten nimmt der Schleier in unerträglicher Weise zu. Außerdem setzen die mechanischen Eigenschaften der Schicht der Temperaturerhöhung wiederum eine Grenze, da bei zu hohen Temperaturen Schmelzen oder Ablösen der Schicht von der Unterlage eintritt oder sich ebenfalls das schon erwähnte Runzelkorn bildet. Die in Abb. 7 gezeigten Kurven haben nur rein qualitative Bedeutung, da die Werte meist stark streuen und alle Variablen nur schwer konstant zu halten sind.

Unter Berücksichtigung der bisherigen Ausführungen hat man also folgende Möglichkeiten, die Entwicklungszeit des Filmes kurz zu halten:

1. Verwendung einer möglichst steil arbeitenden Emulsion, die nicht ausentwickelt wird,
2. Anwendung eines möglichst konzentrierten Entwicklers,
3. Erhöhung der Entwicklertemperatur.

Von der weiteren Diskussion der mechanischen Eigenschaften der Schicht sei vorerst noch abgesehen. Was den in Folge zu starker Temperatursteigerung oder zu starker Entwicklerkonzentration

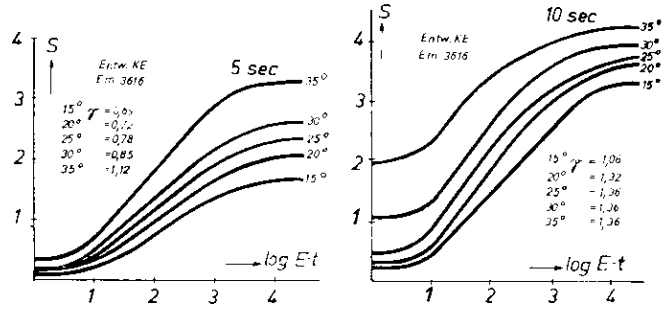


Abb. 5 und 6: Schwärzungskurven bei verschiedenen Entwicklungstemperaturen und Entwicklungszeiten.

auf tretenden Schleier anbelangt, muß dieser mit Rücksicht auf die Bildabtastung möglichst gering gehalten werden (anzustreben wäre ein Schleier von max. 0,1), da derselbe von dem meist nur knappen zur Verfügung stehenden Abtastlicht einen gewissen Prozentsatz nutzlos absorbiert. Ebenso darf mit Rücksicht auf die Abtastlichtquellen das Negativ nicht bis zu allzugroßen Schwärzungen entwickelt werden. Dies gilt übrigens ganz allgemein auch für die Abtastung von Positivfilmen. Es hat sich nach dem heutigen Stand der Technik als zweckmäßig erwiesen, Schwärzungen von 1,4-1,6 nicht zu überschreiten (dabei ist ein Schleier von 0,1 bis 0,2 angenommen). Nimmt man z. B. in Abb. 2 die für eine

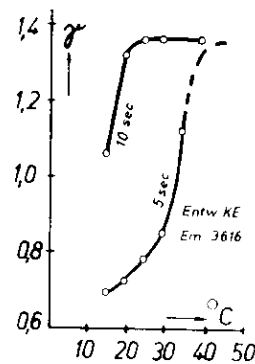


Abb. 7:  $\gamma$ -Temperaturkurven zu Abb. 5 und 6.

Entwicklungszeit von 5 sec geltende Schwärzungskurve, so würde man mit Rücksicht auf die gegebene Filmempfindlichkeit bei einem Objektumfang von

z. B. 1,5 (logarithmisch) einerseits im Durchgangsgebiet der Kurve arbeiten, andererseits müßte man ungefähr 5 sec entwickeln, um die gewünschten Schwärzungen zu erzielen, da bei kürzeren Entwicklungszeiten der erzielte Schwärzungsumfang nicht ausreicht. Es sei in diesem Zusammenhang gleich noch vorweggenommen, daß das Arbeiten im Durchhang der Schwärzungskurve häufig geradezu erwünscht ist, da man auf diese Weise bei der elektrischen Uebertragung auftretende Gradationsverzerrungen entzerren kann, doch soll auf diesen Punkt erst in Abschnitt II näher eingegangen werden.

Zusammenfassend kann man sagen, daß bei den heutigen Schnellentwicklungsverfahren je nach den gestellten Bedingungen mit einer Entwicklungszeit von 2–5 sec gerechnet wird. Zwischen den Entwicklungs- und Fixierprozeß kann man je nach der Art der verwendeten Bäder ein Unterbrecherbad einschalten. Abgesehen von dem zusätzlichen konstruktiven Aufwand, den die Zwischenschaltung eines nicht unbedingt nötigen Bades bedingt, ist dazu zu sagen, daß für den Fall der Anwendung eines alkalischen Entwicklers und eines sauren Fixierbades sich die Anwendung eines Unterbrecherbades empfiehlt, da dadurch die Fixierzeit herabgesetzt wird und kein allzu großer Zeitverlust entsteht. Ist jedoch sowohl Entwickler als auch Fixierbad basisch, so ist die Zwischenschaltung eines Unterbrecherbades unnötig und bedeutet nur einen Zeitverlust.

### c) Fixierprozeß.

Relativ viel Zeit nimmt beim Schnellverfahren der Fixierprozeß in Anspruch. Abgesehen von der entsprechenden Zusammensetzung des Schnellfixierbades liegt es zur Abkürzung der Fixierzeit nahe, die Schichtdicke des Filmes zu verringern, was jedoch, abgesehen von dem Belichtungsspielraum, an gewisse Grenzen gebunden ist. Bei zu dünnen Schichten treten nämlich sehr unerwünschte Nebenerscheinungen, wie starkes Rauschen bei Tonaufzeichnungen und starker Reflexionslichthof sowohl bei Ton- als auch Bildaufzeichnung auf. Diese Nebenerscheinungen können nur durch entsprechende Anfärbung des Schichtträgers, die aber mit Rücksicht auf die bei der Bildabtastung entstehenden Lichtverluste sehr unerwünscht ist, wieder kompensiert werden, wobei die Anfärbung um so stärker sein muß, je dünner die Schicht ist, so daß man bei Schichtdicken von 5–8  $\mu$  Anfärbungen von 0,4–0,8 braucht. Im Vergleich dazu beträgt bei normalem Negativfilm die Schichtdicke 20–25  $\mu$  und die Anfärbung etwa 0,2. In Abb. 8 ist in Abhängigkeit von der Schichtdicke die Fixierzeit bei einer bestimmten Fixierbadtemperatur von 20° aufgetragen. Die außerordentlich stark streuenden Werte sind auf verschiedene Quellung und Härtung (Erläuterung dieser Begriffe folgt später) der zum Vergleich herangezogenen Schichten zurückzuführen. Jedenfalls ersieht man aus der Kurve, daß die notwendige Fixierzeit mit abnehmender Schichtdicke rasch absinkt und

daß etwa der doppelten Schichtdicke eine etwa doppelte Fixierzeit entspricht.

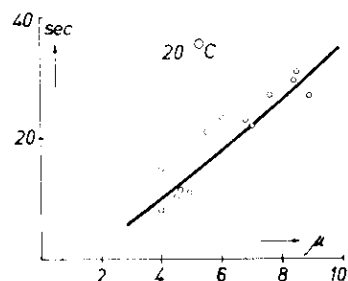


Abb. 8: Abhängigkeit der Fixierzeit von der Schichtdicke  $\mu$ .

Außer der Herabsetzung der Schichtdicke spielt bei Verkürzung der Fixierzeit auch die Fixierbadtemperatur eine sehr große Rolle. Abb. 9 zeigt für zwei verschiedene Filme die Abhängigkeit der Fixierzeit von der Temperatur, wobei die voll ausgezogene Kurve ohne Unterbrecherbad, die gestrichelte Kurve bei Anwendung eines solchen auf-

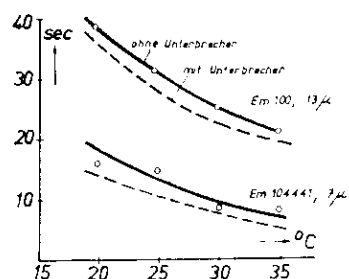


Abb. 9: Fixierzeit in Abhängigkeit von der Temperatur bei verschiedenen Schichtdicken.

genommen wurde. Abb. 10 bringt eine ähnliche Kurve bis zu noch höheren Temperaturen. Auch hier setzen die mechanischen Eigenschaften der Schicht, ähnlich wie bei der Entwicklung (Runzelkorn, Ablösen der Schicht usw.) der Temperaturerhöhung eine Grenze, und zwar verhalten sich dickschichtige Filme kritischer als dünnschichtige. Man wird also für das Schnellverfahren mit der Schicht-

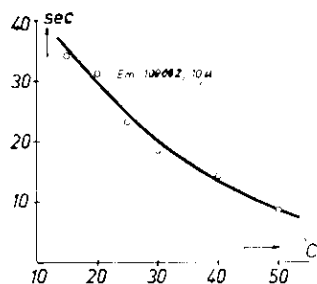


Abb. 10: Fixierzeit in Abhängigkeit von der Temperatur über einen größeren Temperaturbereich als Abb. 9.

dicke soweit heruntergehen, wie es mit Rücksicht auf die geforderten photographischen Eigenschaften möglich ist und gleichzeitig die Temperatur des

Fixierbades soweit wie zulässig erhöhen. Die bereits erwähnte Quellung und Härtung der Schicht ist auf die Fixierzeit von großem Einfluß. Leider liegt ausreichendes kurvenmäßiges Versuchsmaterial darüber nicht vor, da durch den verschiedenen Silbergehalt der verwendeten Emulsionen die Werte allzusehr streuen und der Silbergehalt außerdem nicht in allen Fällen bekannt war. Zusammenfassend kann aber festgestellt werden, daß es unter Berücksichtigung aller Umstände gelungen ist, brauchbare Fernsehfilme in 12—20 sec vollständig auszufixieren.

#### d) Wässerung.

Zwischen Fixier- und Trocknungsprozeß muß eine genügende Wässerungszeit eingeschaltet werden, falls selbst auf eine auch nur begrenzte Haltbarkeit des Filmes Wert gelegt wird. Sie hängt von den verschiedensten Umständen ab und ist je nach Art des verwendeten Filmes und nach Art der vorangegangenen Prozesse zweckmäßig experimentell zu ermitteln. So kann man ganz allgemein annehmen, daß, je vollständiger die Ausfixierung des Filmes erfolgt ist, eine um so kürzere Wässerungszeit genügt, da vom Fixierprozeß in der Schicht schwerer und leichter lösliche Salze übrig bleiben, wobei der Gehalt der schwerer löslichen Salze um so mehr zurückgeht, je länger der Film im Fixierbad verblieben ist. Ebenso selbstverständlich ist es, daß die Schichtdicke auf die erforderliche Wässerungszeit einen erheblichen Einfluß hat, so daß bei dünn-schichtigen Filmen (z. B. bei Schichtdicken von 4—6  $\mu$ ) nach den hier gemachten Erfahrungen etwa 10 sec Wässerungszeit vollständig genügen, um eine Haltbarkeit von mehreren Wochen zu gewährleisten. Bei Schichten von 6—12  $\mu$  wurden bei 20 sec Wässerungszeit Haltbarkeiten von etwa 1/2 Jahr erzielt. Es bedarf keiner besonderen Erwähnung, daß für

solche kurzen Wässerungszeiten eine ständige Frischwasserzufuhr zweckmäßig ist. Legt man jedoch auf unbegrenzte Haltbarkeit der aufgenommenen Filmnegative Wert, so empfiehlt es sich, nach der Verwendung des Filmes z. B. zur Schnellberichterstattung noch eine gründliche Nachwässerung vorzunehmen. Auf alle Fälle wird man dies tun müssen, wenn der Film für Archivzwecke aufbewahrt werden soll.

#### e) Quellung und Härtung der Schicht.

Vor Beschreibung des Trocknungsprozesses sollen nunmehr die schon öfters erwähnten Begriffe der Härtung und Quellung etwas näher erläutert werden.

Als Härtung soll der Grad der mechanischen Verletzbarkeit einer Rohfilmschicht bezeichnet werden. Zum Vergleich verschiedener Schichten hat sich dabei folgendes Verfahren gut bewährt:

Eine Rohfilmprobe von ca. 15 cm Länge wird eine Minute in Wasser von 20° C gequollen und unter einem leichten Stempel (10 g) mit Kugelspitze aus Glas (1,5 mm  $\phi$ ) auf einer Spiegelglasplatte unter Wasser durchgezogen. Durch Auflegen von Gewichten auf den Teller des Stempels wird die Grenzbelastung festgestellt, bei der eben eine Verletzung der Schicht eintritt. Die Härtung wird dann in Gramm angegeben. Es bedarf keiner näheren Erläuterung, daß gerade die Härtung bei einem Verfahren, welches zum Teil in unmittelbarem Anschluß an die Aufnahme bei sehr großen Durchlaufgeschwindigkeiten durch die Bäder und den Trockner arbeitet und den Film in mechanischer Hinsicht außerordentlich stark beansprucht, schon mit Rücksicht auf äußere Verletzungen der Schicht sehr wichtig ist.

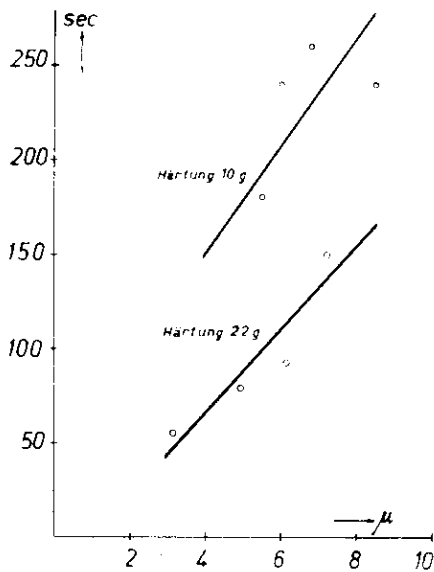


Abb. 11: Trockenzeit in Abhängigkeit von der Schichtdicke  $\mu$  bei verschiedener Härtung g.

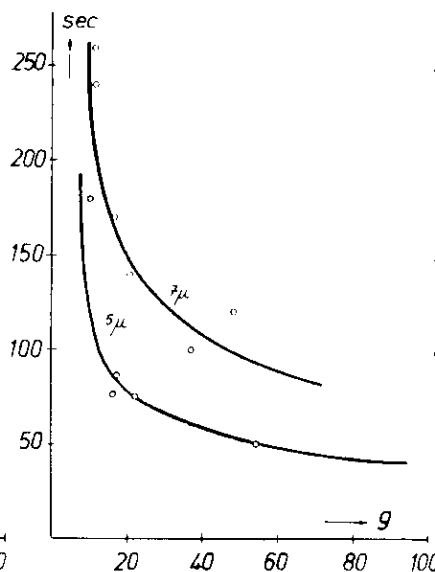


Abb. 12: Trockenzeit in Abhängigkeit von der Härtung g bei verschiedener Schichtdicke  $\mu$ .

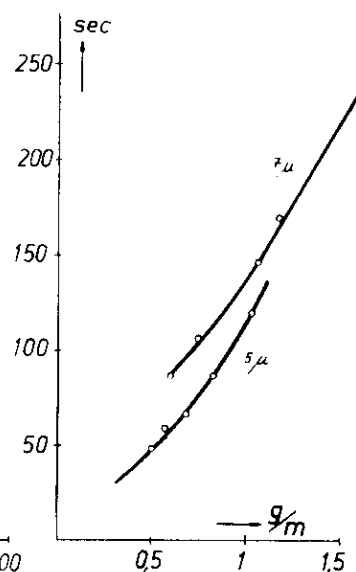


Abb. 13: Trockenzeit in Abhängigkeit von der Quellung  $g/m$  bei verschiedener Schichtdicke  $\mu$ .

Die Quellung der Schicht ist ein Maßstab dafür, wieviel Entwickler, Fixierbad und Wasser innerhalb einer gewissen Zeit in die Schicht eindringen, um dort ihre Aufgabe zu erfüllen, bzw. innerhalb welcher Zeit beim Trocknungsprozeß das Wasser aus der Schicht wieder entfernt werden kann. Zur Bestimmung der Quellung wird ein Meter Rohfilm eine Minute lang in Wasser von 20° C getaucht, mit einem Lederlappen tropfentrocken abgewischt und gewogen. Die Differenz dieses Gewichtes und des Trockengewichtes ergibt die Quellung in g/m.

## f) Trocknung.

Die Trockenzeit ist neben der Fixierzeit bei allen Schnellverfahren das Schmerzenskind. Sie hängt außer von der Schichtdicke auch von der Härtung und der Quellung stark ab. Am besten zeigen dies die nachfolgenden Diagramme. Abb. 11 stellt die Abhängigkeit der Trockenzeit von der Schichtdicke bei zwei verschiedenen Härtungszuständen dar. Man erkennt, daß die Trockenzeit mit zunehmender Schichtdicke annähernd linear zunimmt, wobei sich größere Härtung auf die Trockenzeit günstig auswirkt. Abb. 12 zeigt dies noch deutlicher, und zwar bei zwei verschiedenen Schichtdicken. Die Abhängigkeit der Trockenzeit von der Quellung zeigt Fig. 13 bei verschiedenen Schichtdicken. Wie man sieht, steigt mit zunehmender Quellung die Trockenzeit außerordentlich stark an.

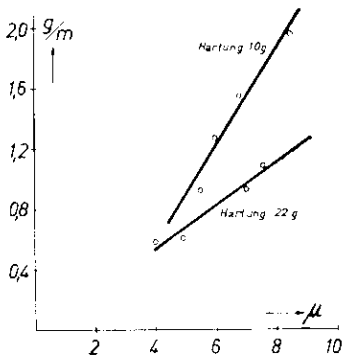


Abb. 14: Quellung g/m in Abhängigkeit von der Schichtdicke μ bei verschiedener Härtung g.

Den Zusammenhang der Quellung mit der Schichtdicke zeigt Abb. 14, und zwar für verschiedene Härtungszustände der Schicht. Je nach der Härtung nimmt also die Quellung mit zunehmender Schichtdicke annähernd linear zu. Die gezeigten Kurven ergeben also zusammenfassend, daß die Trockenzeit um so kürzer wird, je geringer die Schichtdicke und damit die Quellung (s. Definition) und je höher die Härtung des Filmes ist. Abgesehen von den Eigenschaften des Filmes selbst hängt die Trockenzeit natürlich von den Einrichtungen ab, mit Hilfe derer man das in der Schicht befindliche Wasser austreibt. Während die Einrichtungen selbst erst in Abschnitt III näher beschrieben werden sollen, sei hier schon bemerkt, daß der zur Trocknung verwendete Luftstrom von möglichst geringer relativer

Feuchtigkeit sein muß. Man erreicht das am besten durch Aufheizen desselben, da ein Vortrocknen mittels Exsikkatoren zu umständlich und teuer ist. Außerdem spielt die Geschwindigkeit des über den zu trocknenden Film hinstreichenden Luftstromes eine sehr große Rolle, da durch höhere Luftgeschwindigkeiten vermieden wird, daß durch die bereits vollzogene Wasseraufnahme feucht gewordene Luft über dem Film lagert und den Trocknungsprozeß verzögert. Aus dem Gesagten geht ferner hervor, daß die relative Raumluftfeuchtigkeit von großer Bedeutung ist, und daß die notwendige Trockenzeit im Sommer und Winter stark schwankt. Die Trocknungseinrichtungen müssen diese Schwankungen mit Sicherheit beherrschen. Eine Trocknung des Filmes im Vakuum wurde wegen des erforderlichen apparativen Aufwandes nicht angewendet, obwohl sich damit die Trockenzeiten weiter verkürzen ließen. Mit den in Abschnitt III zu beschreibenden Schnelltrocknern ist es gelungen, Film mit einer Schichtdicke von 5—7 μ in 40 sec einwandfrei bei 90% relativer Luftfeuchtigkeit zu trocknen. Die Temperatur des zur Trocknung verwendeten Luftstromes betrug dabei zwischen 50—70° C.

Eine weitere Herabsetzung der Trockenzeit kann man mit der sogenannten Alkoholtrocknung erreichen. Dabei ist in der Wirkung ein großer Unterschied zwischen Aethyl- und Methylalkohol festzustellen. Während Aethylalkohol bei geringen Konzentrationen bleibende weiße Trübung hervorruft, kann man bei Anwendung von Methylalkohol ohne Gefahr 0% bis ca. 80% dem Wasser zusetzen. Bei stärkeren Konzentrationen wird dann allerdings bei Anwendung von Methylalkohol die Zelluloid-schicht des Filmes angegriffen. Abb. 15 zeigt bei zwei verschiedenen relativen Luftfeuchtigkeiten die Abhängigkeit der Trockenzeit von dem Methanol-zusatz des Wassers. Man kann also durch Anwendung von Methanol die Trockenzeit weiter um ca. 70% gegenüber dem normalen Verfahren verkürzen.

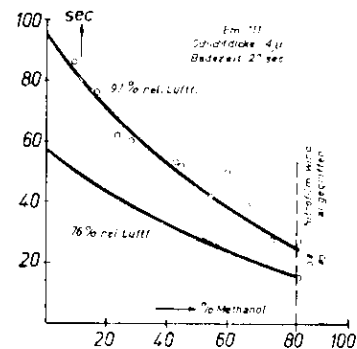


Abb. 15: Trockenzeit in Abhängigkeit vom Methanolgehalt des Waschwassers bei verschiedener Luftfeuchtigkeit.

Normalerweise wird jedoch von diesem Verfahren nur dann Gebrauch gemacht, wenn es sich darum handelt, ungewöhnliche Schwankungen in der Luft-



feuchtigkeit auszugleichen, d. h. man behält sich den Alkoholzusatz mehr als Reserve vor, falls die Trocknung in der vorgeschriebenen Zeit nicht zum Ziele führen sollte.

#### g) Fixierentwicklung und Entwicklung mit Vorbehandlung des Filmes.

Bei den bisherigen Ausführungen wurde immer von der Tatsache ausgegangen, daß Entwickeln und Fixieren in getrennten Bädern stattfindet. Das bedingt, wie in Abschnitt III gezeigt werden wird, einen bedeutend größeren apparativen Aufwand, als wenn das Fixieren und Entwickeln in einem einzigen Bad vorgenommen wird. Der Gedanke der Fixierentwicklung ist verhältnismäßig alt, so sind z. B. auch Fixierentwickler zur Zeit im Handel. Für Schnellentwicklungszwecke kommen diese jedoch nicht in Betracht, da die Entwicklungszeit zu lang und die erzielte Gradation sehr flach ist. Die Anwendung der Fixier-Entwicklung beim Schnellbild hat natürlich nur dann einen Sinn, wenn die Gesamtzeit für Entwickeln und Fixieren nicht größer ist als bisher beschrieben, eher wäre eine weitere Verkürzung anzustreben. Bei der Fixierentwicklung findet praktisch ein Wettlauf zwischen Entwickler und Fixierbad in die Schicht hinein statt. Der Entwicklungsvorgang wird durch das Ausfixieren der Schicht beendet. Man hat also lediglich durch die Wahl der Zusammensetzung die Möglichkeit, die erwünschte Schwärzung bzw. das Gamma des Bildes festzulegen. Da sich die Konzentration des Bades während des Prozesses selbst verändert, besteht keine Gewähr für die Erreichung des bestimmten Schwärzungswertes bzw. Gammas. Dies ist auch der Grund, weshalb sich das Verfahren in der normalen Photographie keiner großen Beliebtheit erfreut. Außerdem muß die Wahl des Entwicklers und des Fixierbades so getroffen werden, daß sich beide gegenseitig nicht zerstören. Eine Unzahl von Einzelversuchen führte dazu, entweder Entwicklersubstanzen zu verwenden, die in schwacher alkalischer Lösung sehr schnell arbeiten oder Fixiermittel zu benutzen, die in alkalischer Lösung gut arbeiten. Am besten freilich wirken Fixiermittel, die sowohl in neutraler als auch in alkalischer Lösung schnell auszufixieren vermögen. Als sehr vorteilhaft hat es sich dabei erwiesen, mit sogenannter Vorbehandlung des Filmes zu arbeiten, die darin besteht, daß die verhältnismäßig lange Zeit, die nötig ist, damit die Entwicklersubstanz in die Gelatineschicht eindringt, gespart wird. Dies wird erreicht, indem man die Entwicklersubstanz schon vor der Belichtung der Schicht in einem besonderen Verfahren zusetzt und den so vorbehandelten Film in der Kamera zur Aufnahme verwendet. Es braucht nicht besonders hervorgehoben werden, daß dieser Film trocken zur Weiterverwendung gelangt und sich sonst in nichts von normalem Negativfilm unterscheidet. Durch die Vorbehandlung erreicht man, daß nach der Belichtung im eigentlichen Entwickler nur noch ein Alkali in die Schicht einzudringen braucht. Die Vorbehandlung kann übrigens, ohne daß man mit Fixierentwicklung

arbeitet, auch sonst vorteilhaft angewendet werden und führt in sehr kurzen Zeiten z. B. von 1 sec zu sehr hohen Schwärzungen.

Kurz erwähnt sei, daß die geschilderten Schnellverfahren einschließlich Fixierentwicklung und Vorbehandlung des Filmes mit der Entwicklersubstanz sich deshalb so gut für eine elektrische Bildübertragung eignen, weil durch die elektrische Uebertragung photographische Mängel des Bildes besonders in der Gradation weitgehend ausgeglichen werden können. So ist es z. B. möglich, hauchdünne photographisch unzulängliche Negative, die für einen Kopierprozeß völlig ungeeignet wären, einwandfrei zu übertragen. Auf diese Zusammenhänge soll jedoch in Abschnitt II ausführlicher eingegangen werden.

#### h) Filmformat.

In den bisherigen Ausführungen wurden alle zur Erzeugung des photographischen Schnellbildes notwendigen Zeiten aufgeführt, ohne daß dabei auf die Durchlaufgeschwindigkeit des Filmes durch die Bäder irgendwie eingegangen worden wäre. Alle Konstruktionen, die bei der Fernseh Aktiengesellschaft durchgeführt wurden, arbeiteten max. mit der bei Normalfilm üblichen Geschwindigkeit von 25 Bildern pro sec, worüber in Abschnitt III eingehender berichtet werden wird. Es sei hier nur kurz erwähnt, daß sich einmal mit Rücksicht auf die Größe der Apparatur, zweitens aber auch mit Rücksicht auf den Filmverbrauch und die Kosten für eine Schnellberichterstattung das sogenannte Halbformat außerordentlich bewährt hat. Das Halbformat arbeitet mit einer Bildgröße, die genau die Hälfte der linearen Abmessungen des Normalfilmformates hat. Dagegen besitzt die Tonspur die normale Breite, die Durchlaufgeschwindigkeit ist jedoch entsprechend auf die Hälfte der bei Normalfilm üblichen herabgesetzt.

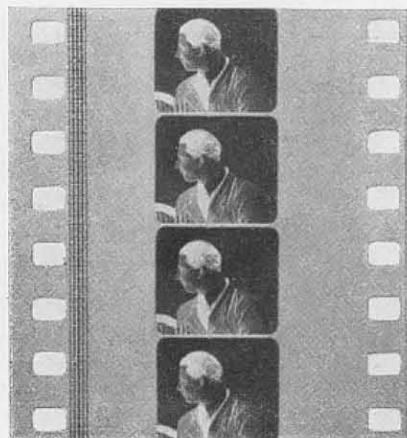


Abb. 16: Muster eines Filmstreifens mit Halbformat, Ton in normaler Spurbreite (Größe  $1\frac{1}{3}$ ).

Abb. 16 zeigt ein Stück Normalfilm mit Halbformatbildaufzeichnung. Die Tonaufzeichnung macht bei halber Normalfilmgeschwindigkeit noch bis zu 5000 Hz keine Schwierigkeiten. Gegenüber dem normalen Schmalfilm ergibt sich jedoch der Vorteil

der beiderseitigen Führung durch die Perforation, was bei den hohen Durchlaufgeschwindigkeiten der beschriebenen Schnellverfahren außerordentlich angenehm ist. Außerdem würde eine etwa wie beim Schmalfilm an Stelle der Perforation liegende Tonaufzeichnung beim Schnellverfahren durch die vielen Leitrollen gefährdet sein.

### Zusammenfassung.

Zusammenfassend kann hinsichtlich der Erzeugung des photographischen Schnellbildes festgestellt werden, daß bei Anwendung des normalen Schnellverfahrens, bestehend aus Entwicklung, Fixierung, Wässerung und Trocknung ein für die elektrische Bildübertragung vollwertiges Bild (welches sich auf Grund der erreichten Schwärzung von etwa 0,8—1,4 natürlich für jede andere Auswertung ebenfalls eignet) in einer Gesamtzeit von 85 sec hergestellt werden kann. Die Zeit kann noch verkürzt werden bei Verwendung vorbehandelten Filmes, bei Fixierentwicklung oder Anwendung von Alkoholtrocknung.

Die nachfolgende Zusammenstellung gibt genauen Aufschluß über die den genannten Werten zugrundeliegenden Einzelheiten:

(Fortsetzung folgt)

### Filmeigenschaften:

Empfindlichkeit möglichst über 14/10<sup>10</sup> Din.

Farbempfindlichkeit: panchromatisch evtl. mit angehobener Rotempfindlichkeit.

Schichtdicke  $6 \pm 1 \mu$

Härtung 60—100 g.

Quellung max. 0,5 g m.

Steilheit  $\gamma \sim$  etwa 1,8.

Maximale Schwärzung wenigstens 2,5 bei Ausentwicklung.

Schleier möglichst unter 0,1.

Lichtschutz entsprechend der geringen Schichtdicke groß (ausreichend für Objektumfänge von 1:1000).

### Filmverarbeitung:

a) Normales Schnellverfahren ohne Vorbehandlung. Entwicklungszeit 5 sec bis  $\gamma = 0,8$  (also nicht ausentwickelt).

Schwärzungsumfang des Negatives je nach Objektumfang 0,8—1,4 (max.).

Fixierzeit 20" ca. 20 sec, 35" ca. 12 sec.

Wässerung  $2 \times 10$  sec (Vorwässerung, Nachwässerung).

Trocknung 40 sec bei 90% relativer Luftfeuchtigkeit ohne Alkoholanwendung.

b) Schnellverfahren mit Fixierentwicklung und Vorbehandlung.

Fixierentwicklung 10 sec  $\gamma = 0,8-1$ .

Wässerung  $2 \times 10$  sec.

Trocknung 40 sec bei 90% relativer Luftfeuchtigkeit (mit Zwischengitter).

Die der Arbeit zugrundeliegenden Messungen wurden von H. Zschau und H. Jaenicke durchgeführt.

## Der Linsenrasterschirm<sup>(1)</sup>.

Von Rolf Möller.

Inhalt: Nach einer kurzen Betrachtung über die Mängel der bisher bei der Projektion von Fernsehbildern verwendeten Bildschirme werden Linsenrasterschirme verschiedener Bauart in ihrer Eigenschaft als „idealer Bildschirm“ behandelt.

Die Helligkeitsprobleme auf der Fernsehempfangsseite sind bekannt, besonders wenn es sich um Projektion von Fernsehbildern handelt, so daß man seit jeher bemüht war, den vom Bildzusammensetzorgan (z. B. Braunsche Röhre) gelieferten Lichtstrom  $\Phi$  von der Bildwand (mit der Fläche  $F$ ) derart zurückzustrahlen, daß die scheinbare Leuchtdichte ( $B$ ) derselben und damit die Helligkeit des Bildes möglichst groß ist. Ein Mittel dazu ist die Verkleinerung des Raumwinkels  $\omega$ , unter welchem das reflektierte Licht den Bildschirm verläßt, denn es gilt:

$$B = \frac{\Phi}{F \cdot \omega} \quad (1)$$

### Mattscheibe.

Wenn auch eine Mattscheibe z. B. durch die ihrer Körnung entsprechende Form der Durchstrahlcharakteristik eine weitgehende Anpassung an den von Licht zu erfüllenden Raum (in welchem die Zuschauer sitzen) ermöglicht, so hat man doch außer einem Verlust durch das in Richtung des Projektionsobjektives wieder zurückgestrahlte Licht noch den Nachteil des großen Helligkeitsabfalls am Bildrand, da die Hauptachse der Durchstrahlcharakteristik in der Richtung des einfallenden Lichtes liegt, also immer der Punkt der Mattscheibe am hellsten erscheint, welcher auf der Verbindungslinie von Objektiv und Auge des Beobachters liegt.

Besonders bei großen Bildwinkeln und einem nicht in zu großer Entfernung aufgestellten Beobachter (an der Stelle  $O_2$  der Abb. 1) sieht man, daß die Verhältnisse unerträglich werden, da die Intensität des von einem Randpunkt des Bildes in Richtung  $O_2$  gestreuten Strahles — wie aus der Durchstrahlcharakteristik hervorgeht — außerordentlich klein ist, d. h. das Bild hier sehr dunkel erscheint. Durch die bekannte Anordnung einer Feldlinse (gestrichelt gezeichnet), welche das Objektiv  $O$  in die Ebene des Beobachters  $O_2$  ab-

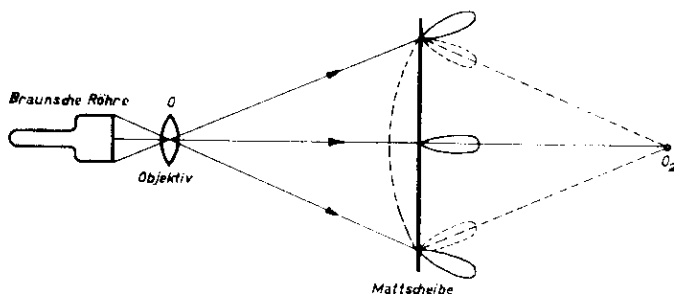


Abb. 1: Mattscheibe als Bildschirm (ohne und mit Feldlinse).

bildet, läßt sich zwar eine gleichmäßige Ausleuchtung erreichen (gestrichelte Charakteristiken), doch dürfte es kaum möglich sein, Linsen von mehreren Metern Durchmesser bei Dicken von 1 m und mehr herzustellen.

**Kristallperlschirm.**

Nun gibt es zwar Reflexionsschirme (sogenannte Kristallperlschirme), welche aus einer Schicht von kleinen Glaskügelchen bestehen und so, selbst bei ebener Anordnung, diese Bündelungswirkung einer Feldlinse mit übernehmen, doch reflektieren sie den Hauptlichtstrom — auch bei geneigtem Schirm — immer in das Objektiv zurück (Abb. 2), wo natur-

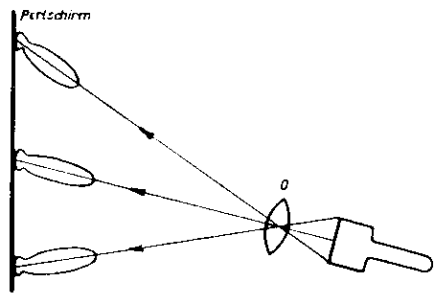


Abb. 2: Kristallperlschirm als Bildwand.

gemäß keine Zuschauer sitzen, und haben im übrigen eine außerordentlich spitze Rückstrahlcharakteristik.

**Mattierter Hohlspiegel.**

In dieser Beziehung vorteilhafter sind gekrümmte Mattscheiben, einseitig oder zweiseitig mattiert, deren Rückseite (gegebenenfalls auch Vor-

derseite) jedenfalls spiegelnd ausgeführt ist und deren Wölbung so gewählt ist, daß sie die Feldlinse der Abb. 1 ersetzen\*). Wie in Abb. 3 dargestellt, steht jetzt das Projektionsgerät nicht mehr im „Schatten“ der Maximallichtstärke. Diese fällt vielmehr in den Punkt  $O_2$  (Auge des Beobachters).

**Nachteile solcher Bildwände.**

Solche Bildschirme, besonders wenn ihre Streuung auf einer unregelmäßigen Rauigkeit der Oberfläche beruht, haben zwei Nachteile. 1. daß die Rückstrahl- oder Durchstrahlcharakteristik rotationssymmetrisch ist, und 2. daß ein allmählicher Helligkeitsabfall auftritt, der der in der Hauptachse sitzenden Person zwar ein sehr helles Bild liefert jedoch die außerhalb sitzenden Beobachter stark benachteiligt.

In Abb. 4 sind für verschiedene Mattierungen zwei solche Charakteristiken angegeben, wobei in Richtung der eingetragenen Winkel nur die angegebene Prozentzahl der Maximal-Leuchtdichte wirkt.

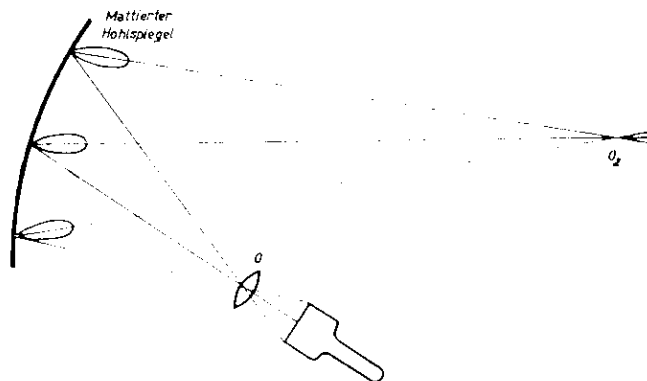


Abb. 3: Mattierter Hohlspiegel als Bildschirm.

Wenn man nach neueren Richtlinien (2) einen Helligkeitsabfall von den mittleren zu den seitlichsten Plätzen von nicht mehr als 50% zulassen will, so wären die in Abb. 4 angegebenen Mattscheiben nur bis zu Winkeln von 5° bzw. 10° verwendbar. Man sieht aber aus den zugehörigen Rousseau-Diagrammen der Abb. 5, daß der weitaus größte Teil des eingestrahlenen Lichtes — auch für den Kristallperlschirm — als verloren zu betrachten ist (schraffiert gezeichnete Flächen mit den angegebenen Prozentzahlen). Wenn man also keine größeren Konzessionen bezüglich Helligkeitsabfall machen will, so liegen die Lichtverhältnisse denkbar ungünstig.

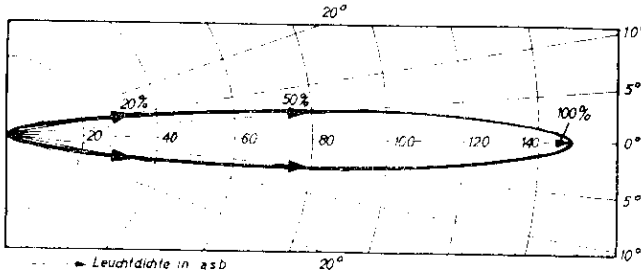
**Die ideale Bildwand.**

Von einem idealen Bildschirm verlangt man aber, daß seine Streucharakteristik genau dem Zuschauerraum angepaßt ist, dessen Breite im allgemeinen größer ist als die Höhe (bei einem Heimprojektionsempfänger sitzen die Personen praktisch alle

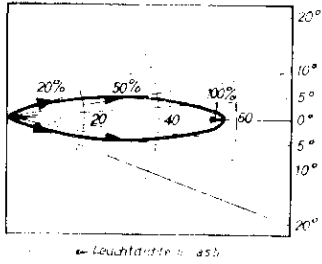
\*) Derartige Bildschirme wurden in Heimprojektionsempfängern der Fernseh G. m. b. H. auf der Funkausstellung 1938 gezeigt.

in der gleichen Höhe) und zweitens soll innerhalb dieses Raumwinkels (Abb. 6), der also eine flachliegende rechteckige Pyramide darstellt, die Hellig-

Brennweite und ihre Größe, d. h. durch ihre äußeren Begrenzungskanten den von Licht erfüllten Raumwinkel definieren. Da diese Elemente sich in der Ebene des Bildschirms befinden, jedoch die Struktur des Bildes nicht beeinflussen dürfen, sind sie entsprechend klein auszubilden, d. h. mehrere Elemente pro Bildpunkt des Fernsehbildes.



4a



4b

Streuecharakteristik von Mattscheiben verschiedener Körnung.

Abb. 4.

keit konstant sein (wie bei einem Kosinusstrahler) und dann plötzlich auf Null abfallen, damit in diesen nicht von Zuschauern erfüllten Raum kein Licht verschwendet wird.

### Das „Element“ der idealen Bildwand.

Derartige Helligkeitsverteilungskurven mit konstanter Leuchtdichte in einem vorgegebenen Raumwinkel lassen sich aber nur durch regelmäßig ausgebildete, optisch wirksame Flächen, z. B. durch Linsen oder Spiegel, erreichen, welche durch ihre

### Strahlengang des Linsenrasters.

Abb. 7 zeigt einen Querschnitt durch mehrere nebeneinander gereichte solche Elemente, die in diesem Falle die Form von Plankonvexlinsen haben. Das aus dem Objektiv  $O$  austretende und das Linsenelement  $L$  durchsetzende Lichtbündel entwirft bei  $O_1$  ein Bild des Objektivs, und zwar annähernd in der Brennebene des Linsenelementes, da verglichen mit der Kleinheit der Brennweite desselben sich das Objektiv praktisch im Unendlichen befindet. Dieses

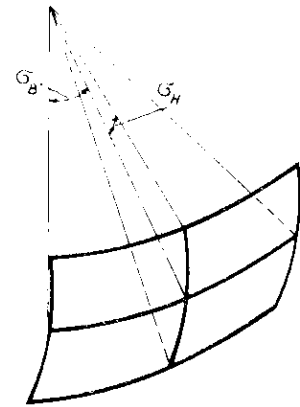


Abb. 6: Ideale Streuecharakteristik.

Objektivbild wirkt jetzt gewissermaßen als gerichtet strahlender Selbstleuchter, der nur den Winkel  $\gamma_0$  mit konstanter Helligkeit ausleuchtet. Dann aber fällt die Helligkeit sehr schnell auf 0 ab, wobei diese Uebergangszone (Winkel  $\beta$ ) gegeben ist durch den Winkel, unter dem das Objektiv vom Projektionschirm aus erscheint. Dieser Winkel ist verhältnismäßig klein und bei einem Großprojektionsempfänger nur etwa  $1^\circ$ .

Ein solcher Linsenrasterschirm erscheint aus der Nähe betrachtet, wo jedes Einzelement als solches erkennbar ist, nicht als Fläche konstanter Helligkeit, sondern vor jeder Linse erkennt man einen sehr intensiv leuchtenden Punkt, der nach Abb. 7 das Objektivbild darstellt, das die Leuchtdichte der Lichtquelle (z. B. das Raster der Projektionsröhre) besitzt. Infolgedessen ist es nicht nur aus Gründen der Bildzerstörung bzw. -verlagerung von Helligkeitswerten an eine falsche Stelle notwendig, diese Elemente klein zu halten, sondern es müssen benachbarte Objektivbildchen  $O_1$  unter einem so kleinen Winkel erscheinen, daß man sie nicht mehr als solche im Auge trennen kann und der Linsenrasterschirm als homogen leuchtende Fläche erscheint. Diesen beiden (miteinander verkoppelten) Bedingungen ist aber wohl annähernd genügt, wenn

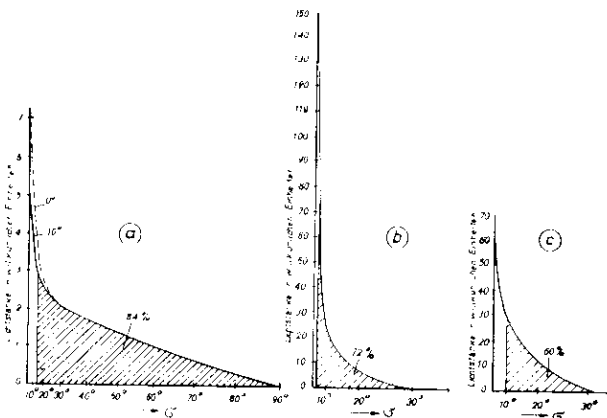


Abb. 5: Rousseau-Diagramm und verllorener Lichtstrom (schraffierte Fläche) bei 50% Helligkeitsabfall

- a) für den Kristallperlschirm (Hauptstrahleneigung  $0^\circ$  und  $10^\circ$ )
- b) für die Mattscheibe der Abb. 4a
- c) für die Mattscheibe der Abb. 4b.

man pro Bildpunkt vier Elemente verwendet, d. h. einen Linsenrasterschirm zur Betrachtung eines 441-Zeilen-Bildes aus ca. 1 Million Elementen aufbaut.

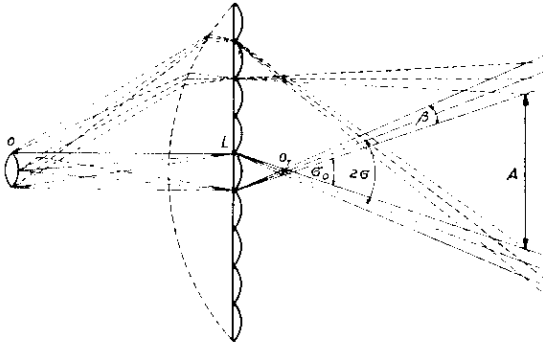


Abb. 7: Prinzipieller Strahlengang eines Linsenrasterschirms.

Wenn jetzt die Linsen der Abb. 7 mit einer Feldlinse kombiniert werden (gestrichelt gezeichnet), welche das Objektiv, wie bereits an Abb. 1 erläutert, in die Ebene der Beobachter A abbildet, so sieht man von jedem Punkt des gezeichneten Pfeils die Fläche der Bildwand mit überall konstanter Helligkeit (kein Randabfall im Bild), und zweitens erscheint in der Zone des gezeichneten Pfeils die Bildwand überall mit der gleichen Helligkeit (kein Helligkeitsabfall nach den Seitenplätzen), da jedes Objektivbildchen ( $O_1$ ) annähernd nach dem Kosinussgesetz strahlt.

### Ausführungsformen des Elementes.

Da der Streuwinkel  $2\sigma$  durch das Öffnungsverhältnis  $\delta$  der Linse als Quotient aus Linsendurchmesser ( $D$ ) und Brennweite ( $f$ ) gegeben ist, kann man die eingangs geforderte verschiedene Streuung in Höhe und Breite durch Variation von  $D$  oder  $f$  erreichen. Im ersteren Falle hat man eine sphärische Linse (oder Spiegel) von Rechteckform, wobei Höhe und Breite dieses Rechtecks genau dem geforderten Streuungsverhältnis entsprechen oder aber im zweiten Fall bei konstant gehaltenem  $D$  (also quadratische Linse, da bei runden Linsen tote Zwischenräume entstehen würden) verschiedene Krümmungsradien in der Vertikalen und Horizontalen: also torische Linsen. Die Wahl von rechteckigen torischen Linsen entspricht einer gleichzeitigen Variation von  $f$  und  $D$ .

Aus der Bedingung der verschiedenen Breiten- und Höhenstreuung jedes Einzelementes ergibt sich eine große Zahl von Variationsmöglichkeiten in der optischen Form des Elementes, und es lohnt sich sicher, über die vorhandenen Möglichkeiten einen kurzen Ueberblick zu geben, damit man sich die für die Herstellung günstigsten Formen aussuchen kann, denn aus der Tatsache, daß ca. eine Million solcher Elemente in jedem Schirm enthalten sind und daß an jedes Einzelement, wie wir später sehen werden, große Genauigkeitsanforderungen gestellt werden, dürfte klar sein, daß man weitgehende Konzessionen an die Herstellungsmethoden machen muß.

Es kann variiert werden:

1. Form des Elements (quadratisch, rechteckig usw.);
2. Anzahl der optisch wirksamen Flächen (im allgemeinen nur 1 oder 2);
3. brechende oder spiegelnde Flächen (oder Kombinationen daraus);
4. Elemente mit negativer oder positiver Brennweite (oder Kombinationen solcher Flächen).

Im folgenden mögen einige praktisch wichtige Elementformen besprochen werden:

In Abb. 8a ist die Brechkraft einer Fläche dadurch doppelt ausgenutzt, daß dicht hinter dem Linsenraster eine ebene spiegelnde Fläche angeordnet ist (bzw. die Rückseite des Linsenrasterelements verspiegelt ist). Unter Umständen kann es zweckmäßig sein (Abb. 8b), die Plattendicke so zu wählen, das  $O_1$  in der Ebene der brechenden Fläche liegt (einfache Ausnutzung der Brechkraft). Bei schrägem Lichteintritt (Abb. 8c) ist darauf zu achten, daß die Plattendicke nicht zu groß ist, da andererseits — wie gezeichnet — das reflektierte Bündel in benachbarte Elemente gelangt und Störerscheinungen hervorrufen kann.

Verspiegelt man die vordere Linsenrasterfläche (Abb. 8d), so ist man erstens von der Plattendicke unabhängig, zweitens kann der Körper aus undurchsichtigem Material hergestellt werden und drittens werden die Krümmungsradien größer (viermal so groß wie bei einfacher Brechung, doppelt so groß

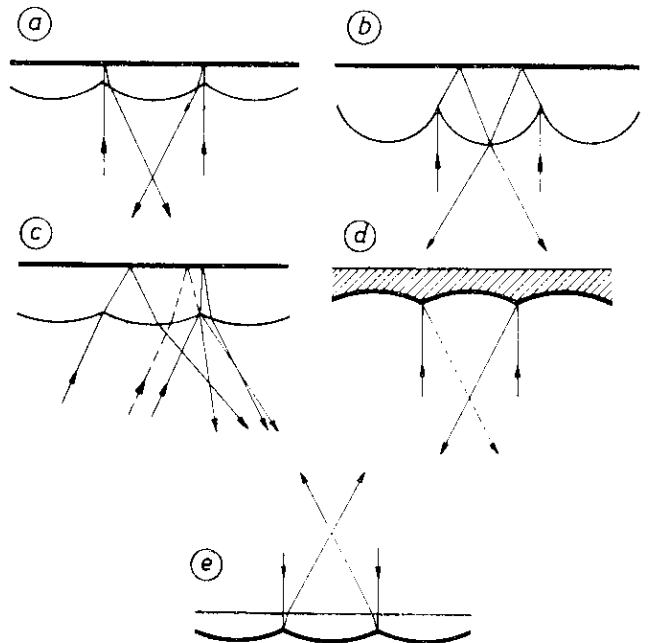


Abb. 8: Linsenrasterelemente in verschiedener Anordnung.

wie bei zweifacher Brechung), was in bezug auf die Herstellung erwünscht sein kann. Allerdings liegt die spiegelnde Oberfläche an Luft und muß daher beständig ausgeführt bzw. durch eine Schutzschicht abgedeckt werden, die allerdings die optischen

Eigenschaften nicht beeinflussen darf. In dieser Beziehung ist es günstig, mit Lichteinfall von oben (Abb. 8e) zu arbeiten. Allerdings tritt dann an der Vorderfläche eine direkte Reflexion des Objektivbildes auf, die zwar nur 4% des Gesamtlichtstroms ausmacht, jedoch, da sie keiner Streuung unterworfen wird, ein Mehrfaches der Bildhelligkeit betragen kann. In diesem Falle kann die Vorderfläche leicht mattiert ausgeführt werden, besonders in solchen Fällen, wo man damit die geringe Höhenstreuung erreichen will, also das Linsenraster nur in einer Richtung streut (Zylinderlinsenraster).

Als Vertreter für ein Element mit zwei Flächen sind gekreuzte Zylinderlinsen charakteristisch. Abb. 9 zeigt das Vorhandensein zweier Brennpunkte  $F_1$  und  $F_2$ , die ihrerseits die rechteckige Form des auszuleuchtenden Raumwinkels ergeben. Wenn man in der Abb. 8b die ebene Spiegelfläche durch ein Zylinderlinsenraster von gleichem Krümmungsradius wie die Vorderfläche ersetzt, so ergibt sich automatisch ein Verhältnis der Streuung von 1:4 in Höhe und Breite.

Es kann unter Umständen aus Herstellungsgründen zweckmäßig sein, negative und positive brechende oder spiegelnde Flächen abwechselnd miteinander zu kombinieren, wie das in Abb. 10 gezeigt ist.

Auf diese Weise ergibt sich vor allen Dingen bei gekreuzten Zylinderlinsen ein kontinuierlicher Oberflächenverlauf. Dabei entstehen allerdings die virtuellen Bilder  $O_v$  und die reellen Bilder  $O_r$  in einem gewissen räumlichen Abstand (doppelte Brennweite), so daß zwei derselben bei seitlicher Betrachtung zur Deckung kommen können, wodurch die „Rasterung“ grob wird und es notwendig ist, ein solches Linsenraster von doppelter Feinheit wie die früher beschriebenen auszuführen.

Die räumliche Anordnung der Elemente im Schirm wird man im allgemeinen nach Abb. 11a

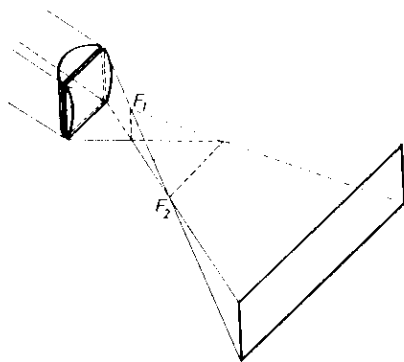


Abb. 9: Streuwinkel von gekreuzten Zylinderlinsen.

treffen (die Kreise bedeuten die Objektivbilder). Bei rechteckiger Form von sphärischen Linsen ist es jedoch zweckmäßig, sie nach Abb. 11b gegeneinander zu versetzen, damit der Abstand der Objektiv-

bildchen in beiden Koordinaten annähernd gleich groß wird.

### Abbildungsfehler des Elementes.

Bei einfachen sphärischen Flächen, die diese Elemente möglichst besitzen sollen, tritt eine sphärische Aberration ein (kissenförmige Verzerrung des

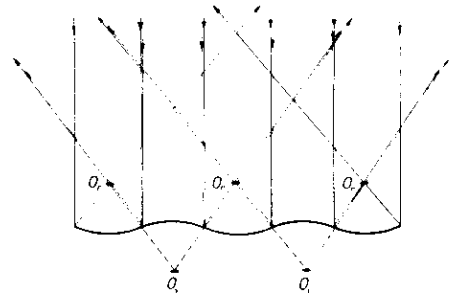


Abb. 10: Elemente mit abwechselnd positiver und negativer Brennweite.

ausgeleuchteten Raumwinkels), und zwar beträgt die prozentische Brennweitenverkürzung

$$\left( \frac{1}{\cos^2 \frac{\sigma}{2}} - 1 \right) \cdot 100 \quad (2)$$

wo  $\sigma$  den halben Streuwinkel bedeutet. Diese Abweichung von 3% bei 60° Streuwinkel und 8% bei 90° Streuwinkel ergibt aber im wesentlichen nur eine Vergrößerung des Streuwinkels, denn die k-

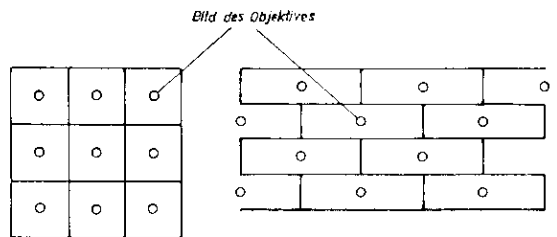


Abb. 11: Verschiedene Gruppierung der Elemente.

senförmige Verzerrung ist ja nur die Differenz aus den Winkeln für Breiten- und Diagonalstreuung. Etwas störender kann ein Verzeichnungsfehler sein, der oft in praxi vorkommt, und zwar dann, wenn die Hauptachse des einfallenden Lichtes nicht senkrecht auf der Ebene des Linsenrasterschirmes steht, wodurch sich eine leichte Wölbung gegenüberliegender Begrenzungskanten des ausgeleuchteten Raumwinkels ergibt.

### Geforderte optische Genauigkeit des Elementes.

Außer der Angabe, daß für den Schirm eines Heimprojektionsempfängers (Größe etwa 40 × 50 cm) die Größe des Einzelements nur 0,3 × 0,3 mm beträgt, sollen im folgenden einige Ueberlegungen angestellt werden, welche Anforderungen an die Oberflächengüte jedes einzelnen Elementes zu stellen sind, um einen Begriff von den Herstellungsschwierigkeiten eines solchen Linsenrasters zu geben.

Die Elemente, von denen Abb. 12 einige im Querschnitt zeigt, mögen in der Randzone auf 5% der Elementgröße (das sind bei  $0,3 \times 0,3$  nur  $0,015$  mm), im Krümmungsradius beispielsweise um 10% abweichen oder einen etwas versetzten Krümmungsmittelpunkt besitzen. Eine derartige Abweichung ist ohne weiteres schon dann gegeben, wenn die Kerbe zwischen zwei aneinanderstoßenden Elementen nicht sauber „ausgeformt“ ist. Dann überlagert sich in der rechteckigen Helligkeitsverteilung, die von den sich in  $O_1$  kreuzenden Strahlen herührt, eine zweite Lichtverteilung, die die Randzonen durchsetzt, in  $O_1'$  ein Bild des Objektives erzeugt und auf diese Weise zwei Helligkeitsspitzen von doppelter Amplitude der normalen Helligkeitsverteilung hervorruft.

In einer gewissen Richtung sieht also ein Zuschauer — wenigstens so lange er sich in der Ebene befindet, in welcher das Objektiv abgebildet wird den ganzen Schirm in doppelter Helligkeit (eine ideale optische Abbildung — die praktisch nicht zutrifft — vorausgesetzt) und in allen anderen Entfernungen Streifen im Bild von doppelter Helligkeit. Die Verkleinerung der Störzone bewirkt auch nicht etwa eine geringere Amplitude der störenden Helligkeitsspitze, jedenfalls nicht so lange der Winkel, unter dem das Objektiv vom Schirm aus erscheint, klein ist, sondern verändert nur ihre Breite.

Die Meinung, daß ein solches Element eines Linsenrasters also irgendeine Art streuende oder brechende Fläche ist, von deren Güte vielleicht die Helligkeit des Bildes abhängt, trifft also durchaus nicht zu, sondern es müssen aus der Ueberlegung heraus, daß jeder Zuschauer mit seinem Auge in der

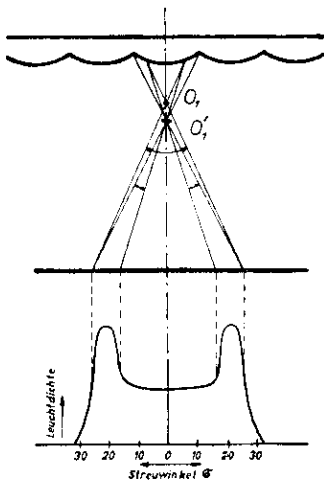


Abb. 12: Streucharakteristik bei fehlerhaftem Element.

Lage ist, die Helligkeitsverteilung messend zu verfolgen, erhebliche Anforderungen an die Oberflächengüte jedes Einzelelementes gestellt werden. Aus einer allgemeinen Ueberlegung ergibt sich, daß der in eine bestimmte Richtung reflektierte Lichtstrom abhängig ist von der Krümmung des benutzten Teils der Elementoberfläche, sich also

auch hiernach aus der Bedingung der konstanten Leuchtdichte die Forderung nach einer sphärischen Fläche ergibt.

Was im Vorstehenden von jeder Einzellinse gesagt war, gilt entsprechend auch für benachbarte Linsen, denn falls sich deren Brennweiten um einen gewissen Betrag unterscheiden, so ändert sich entsprechend die Streuung („Lichtverdünnung“) und damit auch der Helligkeitseindruck. Da nun die Einzellinse als solche nicht mehr für das Auge erkennbar ist, werden geringe Abweichungen, die vom Auge integriert werden, nicht mehr stören, jedoch sofort dann, wenn die Störung irgendwie gleichmäßig verteilt ist, falls z. B. ein gewisser Streifen des Linsenrasters mit einer anderen Brennweite ausgeführt ist. Da das Auge schon Helligkeitsunterschiede an aneinander anstoßenden Flächen von 1–2% wahrnimmt, müssen die Brennweiten auch entsprechend konstant sein.

Der letztere Fall tritt vor allen Dingen dann ein, wenn man bei großen Schirmen von beispielsweise  $3 \times 4$  m<sup>2</sup>) Größe gezwungen ist, den Schirm aus einzelnen Stücken von z. B.  $10 \times 10$  cm zusammenzusetzen. In diesem Falle gelten für die Stoßstelle zweier Linsenraster die obigen Ueberlegungen, und es kommt noch hinzu, daß die Winkelstellung zweier solcher Platten gegeneinander entsprechend sauber eingehalten werden muß. Besonders wenn die äußere Zone der Randlinsen einer solchen Platte etwas gestört ist, fällt in der äußeren Zone des Betrachtungswinkels für den betreffenden Zuschauer diese Linsenreihe vollständig aus, und er sieht einen dunklen Streifen, der, wenn das Auge über vier Linsenrasterelemente noch integrieren würde, eine bis 50% verminderte Helligkeit hat.

### Herstellung des „Linsenrasters“.

Zur Frage der Herstellung solcher Linsenraster<sup>\*\*\*)</sup> ist zu bemerken, daß es absurd erscheint, die Einzelelemente als solche herzustellen und dann zum Schirm zusammenzusetzen. Vielmehr wird man möglichst eine Form herstellen, um von derselben dann in beliebiger Zahl Abdrücke zu nehmen. Die Form jedenfalls muß im Sinne der obigen Ausführungen genau maßhaltig sein. Abb. 13 zeigt die Ansicht einer nach diesem Verfahren hergestellten Linsenrasterplatte (Größe  $10 \times 10$  cm; Linsengröße  $2 \times 2,5$  mm).

Daneben gibt es natürlich eine größere Zahl von anderen Herstellungsmethoden, wenn man z. B. an die Herstellung von Linsenrasterfilmen denkt.

### Erzielung der Feldlinsenwirkung.

Bei der in Abb. 7 gezeichneten Feldlinse gelten bezüglich Preis und Gewicht dieselben Bedenken wie eingangs. Der Gedanke, sie durch eine Fresnel-

\*\*\*) Die Fernseh G.m.b.H. zeigte auf der letzten Funkausstellung einen solchen Schirm.

\*\*\*\*) Weitgehend durch die Mitarbeit von Herrn K. Thöm gefördert.



linse zu ersetzen (wie bei Kondensorlinsen), scheitert wohl daran, daß tote Zonen, die ja in diesem Falle, wo sie in der Bildebene liegen, stören, sich bei der Herstellung nie ganz vermeiden lassen. Die „Riefelung“ so klein zu wählen, daß sie unterhalb des Auflösungsvermögens des Auges liegt, dürfte schwierig sein.

Nun kann man zwar prinzipiell (Abb. 14) jedem Einzelelement eine solche individuelle, nach dem Rand zu wachsende Neigung geben, daß man die

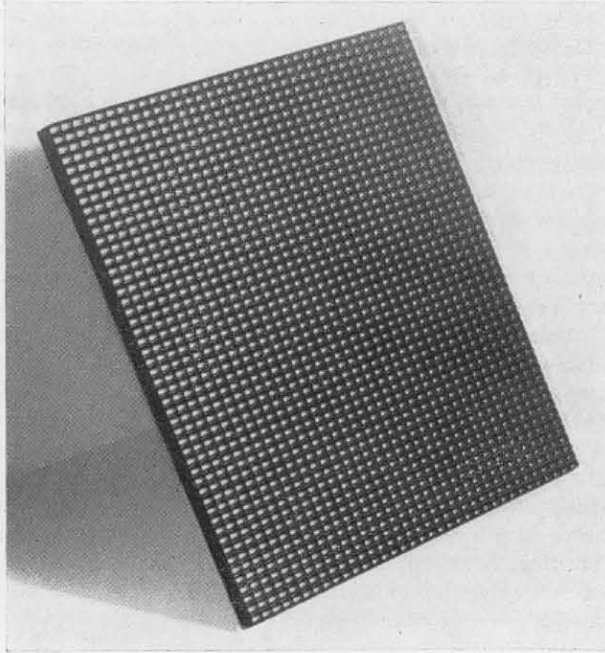


Abb. 13: Ansicht einer Linsenrasterplatte mit 2000 Elementen.

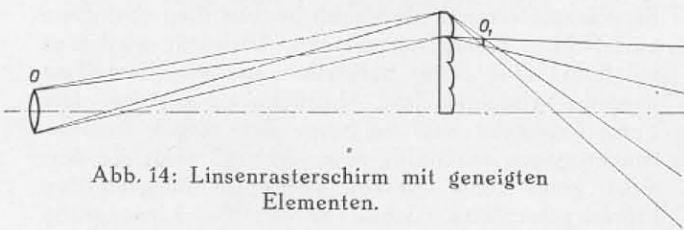


Abb. 14: Linsenrasterschirm mit geneigten Elementen.

Wirkung der Feldlinse mit einschließt. Doch tritt auch hier bei der Verwendung von brechenden Flächen eine Begrenzung durch den maximal möglichen Brechungswinkel (Totalreflexion) auf und bei Spiegelung tote Zonen, ganz abgesehen von den Herstellungsschwierigkeiten.

### Linsenraster-Hohlspiegel.

Doch kommt man wesentlich leichter zum Ziel, wenn man analog Abb. 3 die Feldlinsenwirkung durch einen Hohlspiegel erzeugt, der auf seiner Vorder- oder verspiegelten Rückseite das Linsenraster trägt (Linsenrasterhohlspiegel).

Das Projektionsobjektiv muß im Prinzip entsprechend korrigiert sein, doch kommt diese notwendige „Bildwölbung“, die bei fast allen Objektiven etwas vorhanden ist und auch dasselbe Vorzeichen hat (der Bildschirm wendet seine konkave Seite dem Objektiv zu), unter Umständen den Wünschen des Objektivkonstruktors entgegen. Ueberdies ist meist die Wölbung des Linsenrasterhohlspiegels so schwach, daß sie noch in der Schärfezone liegt. Aus demselben Grunde stören auch perspektivische Verzerrungen bei seitlicher Betrachtung des Bildes auf einem solchen gewölbten Schirm kaum.

Die Forderung, daß jeder Zuschauer alle Punkte des Bildschirms gleich hell sieht (mit konstanter Leuchtdichte), erfüllt der Linsenrasterhohlspiegel zusammenfassend also so, daß er zuerst einmal als Hohlspiegel (ohne Linsenraster) ein Bild des Projektionsobjektives in einem gewissen Punkt entwerfen würde, wobei man in diesem einen Punkt also die ganze Fläche des Bildschirms gleich hell sieht, und zwar mit der Leuchtdichte des Bildes auf dem Fluoreszenzschirm der Projektionsröhre, und daß dann jedes Element des Schirmes eine solche Streuung um diesen Punkt herum vornimmt, daß die letztere Bedingung nun auch für jeden Punkt eines gewissen Raumwinkels gilt.

Durch jedes Linsenrasterelement wird das Licht also gewissermaßen „verdünnt“ von der Fläche des Objektivbildes  $O_2$  auf die Fläche des ausgeleuchteten Raumwinkels in dieser Ebene. Mit diesem Verhältnis ist also die Leuchtdichte des Originalbildes zu multiplizieren, um die scheinbare Leuchtdichte des projizierten Bildes zu erhalten. Im übrigen könnte man die Lichtverdünnung auch noch definieren als das Verhältnis von Fläche der Objektivbildchen  $O_1$ , die jedes Element erzeugt, zur Fläche eines solchen Elementes.

### Der Zuschauerraum.

Das Bild des Objektivs  $O_2$  in der Abb. 15 ist also gewissermaßen der Mittelpunkt des Zuschauerraumes (schraffiert gezeichnet), und zwar stellt Abb. 15a einen horizontalen, Abb. 15b einen vertikalen Schnitt dar.

Man sieht daraus — wie eingangs schon betont — daß man die Höhenstreuung  $2\sigma_h$  wesentlich kleiner wählen kann als die Breitenstreuung  $2\sigma_b$ , jedenfalls nur so groß, daß die Tiefe des Zuschauerraumes (als Pfeil eingetragen) gerade ausgeleuchtet wird.

Auf die Bedingungen, wie die Ebene auszusehen hat, auf welcher die Bestuhlung des Zuschauerraumes aufgebaut wird (Ansteigen der Sitzreihen, Abstand derselben usw.) soll nicht näher eingegangen werden, jedenfalls muß sie aber den gesamten von Licht erfüllten Raumwinkel durchschneiden, damit nichts von dem aus dem Projektionsobjektiv kommenden Lichtstrom verschwendet wird. Das kann aber im Falle der Abb. 15 nicht für alle Punkte der Bildwand gelten, sondern — wie aus der



Abbildung ersichtlich — nur für die obere Bildkante, denn der Winkel, unter dem von derselben aus der Zuschauerraum erscheint, bestimmt ja die Höhenstreuung, während das von der unteren Bildkante ausgehende Licht zum Teil verloren geht (denn die Streuwinkel müssen ja konstant sein, wenn die scheinbare Leuchtdichte dieselbe bleiben soll).

Aus der großen Zahl von auftauchenden Fragen über die zweckmäßigste Anordnung des Zuschauerraumes mögen folgende Bedingungen herausgegriffen werden:

1. die maximale Breitenstreuung ist gegeben durch das erträgliche Maß von perspektivischer Verzerrung ( $2\sigma_h = 90^\circ$ ).
2. die Höhenstreuung ist im wesentlichen gegeben durch die Abstände von erster und letzter Sitzreihe bis zum Schirm (Verhältnis möglichst nicht über 1 : 2).
3. soll die Form des Raumes möglichst rechteckig sein (in der Abb. 15a strich-punktiert gezeichnet).

Aus letzterem Grunde wird man im allgemeinen die Objektivabbildung  $O_2$  wohl in die Ebene der ersten Sitzreihen verlegen.

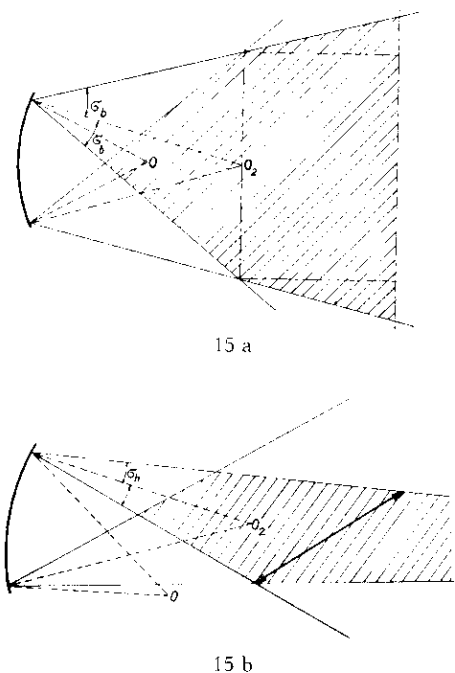


Abb. 15: Ausgeleuchteter Raumwinkel und Zuschauerraum beim Linsenrasterhohlspiegel  
a) Draufsicht, b) Seitenansicht.

### Der Lichtstrom pro Zuschauer.

Als Voraussetzung einiger lichttechnischer Ueberlegungen muß festgestellt werden, daß es eine gewisse optimale Betrachtungsentfernung für jede Bildgröße des Fernsehbildes gibt, und zwar dann, wenn die Rasterung des Fernsehbildes gerade verschwindet. Bei kleineren Entfernungen empfindet

das Auge die zeilenweise Struktur des Bildes als störend, bei größeren Entfernungen gehen offenbar Einzelheiten im Bild verloren. So kann man also einen optimalen Betrachtungswinkel  $\omega$  (Höhe des Bildes zu Beobachtungsabstand) definieren, der — wie Versuche ergeben haben — bei 1 : 5 liegen dürfte. Weiter soll eine minimale scheinbare Leuchtdichte  $B$  (in asb gemessen<sup>\*)</sup> gefordert werden, die man in Kintheatern neuerdings auf 80 asb festgelegt hat. Unter diesen Voraussetzungen beträgt also der Lichtstrom, der von der Bildwand mit der Fläche  $F_1$  in Richtung jedes Zuschauers reflektiert werden muß,

$$\Phi = B \cdot F_1 \cdot \omega_1 \quad (3)$$

wobei der vom Zuschauer eingenommene Raum bzw. die Fläche  $F_2$  unter dem Raumwinkel  $\omega_1$  vom Bildschirm aus erscheint. Diese Fläche  $F_2$  ist aber gegeben als Platzbreite  $\times$  Höhendifferenz zweier aufeinanderfolgender Sitzreihen. (Genau genommen muß die Höhe von  $F_2$  von der unteren Bildkante aus unter einem konstanten Winkel erscheinen, damit jeder Zuschauer über den Kopf des Vordermannes hinweg das ganze Bild noch sieht. Für die notwendige Höhenstreuung ist jedoch die obere Bildkante maßgebend.)

Aus der Abb. 16, in der diese Verhältnisse perspektivisch dargestellt sind, erkennt man jetzt, daß also

$$\omega_1 = \frac{F_2}{a^2}$$

ist, und wegen

$$\omega_2 = \frac{F_1}{a^2}$$

folgt dann:

$$\Phi = B \cdot \omega_2 \cdot F_1 \quad (4)$$

$\omega_2$  ist aber proportional dem Quadrat des Betrachtungswinkels  $\omega$ , also nach Voraussetzung konstant. Da die Formel (4) nur fest gegebene Größen enthält, ist also pro Zuschauer ein ganz bestimmter

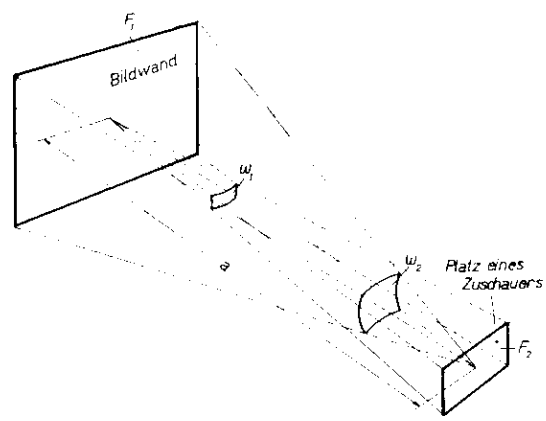


Abb. 16: Skizze zur Ableitung der Formeln (3) und (4).

Lightstrom pro Zuschauer. Da die Formel (4) nur fest gegebene Größen enthält, ist also pro Zuschauer ein ganz bestimmter

<sup>\*)</sup> 1 Apostilb (asb) ist die Leuchtdichte einer verlustlos und vollkommen diffus reflektierenden Fläche, die mit 1 Lux beleuchtet wird. Es besteht die Beziehung:

$$1 \text{ asb} = \frac{1}{\pi} \cdot 10^{-4} \text{ sb (HK/cm}^2\text{)}$$

Lichtstrom aufzubringen, dessen Wert für  $B = 80 \text{ asb}$ ,  $\tau_b = 15^\circ$ ,  $F_b = 1500 \text{ cm}^2$  beträgt:

$$\Phi = 0,3 \text{ lm.}$$

Könnte man jetzt die Zuschauer sämtlich in einer senkrechten durch  $O$  gehenden Ebene unterbringen (was natürlich aus anatomischen Gründen nicht geht), so brauchte man nur den obigen Wert des Lichtstromes mit der Anzahl der Zuschauer zu multiplizieren, um den notwendigen Gesamtlichtstrom, der vom Bildzusammensetzorgan geliefert werden muß, zu erhalten, bzw. sich aus dem letzten Wert die mögliche Anzahl der Zuschauer auszurechnen.

In praxi wird man aber mit einer gewissen Tiefenausdehnung des Zuschauerraumes rechnen müssen, also (bei optimalem  $\tau = 1:5$  für die ersten Sitzreihen) mit einem kleineren  $\tau_1$  (für die mittleren Sitzreihen), so daß sich für  $\Phi$  der Wert von  $0,2 \text{ lm}$  ergeben dürfte. Aus diesen Ueberlegungen erklärt sich auch, daß die weiter entfernt sitzenden Zuschauer lichtstrommäßig (da sie das Bild unter einem kleineren Winkel  $\tau_1$  sehen) benachteiligt sind.

### Vorteile des Linsenrasterschirmes.

Interessant ist immerhin, daß die Helligkeit des Schirmbildes (bei gegebenem Betrachtungswinkel  $\tau$ ) nicht mehr abhängig von der Schirmgröße  $F$  ist. Das eröffnet immerhin gewisse Perspektiven, denn man kann bei beliebig großer Fläche des Schirmes, ohne daß die Helligkeit des Bildes leidet, den Forderungen entgegenkommen, daß einmal die Zuschauer möglichst auf der Hauptachse des Bildes sich befinden, und daß zweitens das Verhältnis des Abstandes von den ersten und letzten Sitzreihen bis zum Schirm ziemlich gleich wird, abgesehen von der Frage, ob sich so große Bildschirme werden herstellen lassen, bzw. ob derartige Räume zur Verfügung stehen.

Die Ueberlegenheit des Linsenrasterschirmes gegenüber den bisher in der Kintechnik verwendeten (nach dem Kosinusetz) reflektierenden Bildwänden liegt aber nicht nur in dieser Richtung, sondern vor allen Dingen in der größeren Lichtausbeute. Für  $2\tau_b = 48^\circ$  und  $2\tau_b = 15^\circ$  (ein so aufgebauter Großprojektionsraum der Fernseh Aktiengesellschaft auf der Funkausstellung 1938 faßte etwa 700 Personen) ergibt ein Linsenrasterschirm die 15-fache Helligkeit wie eine Kinoleinwand, ermöglicht es also überhaupt erst bei dem von der Projektionsröhre gelieferten Lichtstrom von etwa  $50 \text{ lm}$  ein Bild von  $3 \cdot 3,6 \text{ m}$  mit genügender Helligkeit auszuleuchten.

### Der Linsenrasterhohlspiegel beim Heimprojektionsempfänger.

Für die Verwendung des Linsenrasterschirmes beim Heimprojektionsempfänger dürften folgende Ueberlegungen gelten:

1. Um die scheinbare Leuchtdichte zu steigern, wird man die Höhenstreuung möglichst verkleinern, also fordern, daß die Zuschauer in sitzender Stellung

sich das Bild betrachten (das wird bei längeren Fernsehübertragungen sowieso der Fall sein). Die maximale Höhendifferenz der Augen der Beobachter wird also nicht mehr als  $50 \text{ cm}$  betragen.

2. In der Seitenbetrachtung soll möglichst keine Beschränkung vorhanden sein, d. h. man wird bei Aufstellung des Empfängers in einer Zimmerecke mit  $2\tau_b = 90^\circ$  rechnen.

3. Bei der Zimmerdiagonale von  $5 \text{ m}$  wird die minimale Betrachtungsentfernung bei etwa  $2 \text{---}2,5 \text{ m}$  liegen; das ergibt eine Bildhöhe von  $40 \text{---}50 \text{ cm}$  (Bildgröße  $40 \cdot 48 \text{ cm}$ , bzw.  $50 \cdot 60 \text{ cm}$ ).

4. Soll der Bildschirm möglichst eine konstruktive Einheit mit dem Empfängergehäuse bilden (aufklappbare Deckel). Das ergibt zusammen mit der Forderung eines kleinen Empfängergehäuses (gedrängter optischer Aufbau) einen schrägen Lichteinfall auf den Linsenrasterschirm (vgl. Abb. 3).

Unter diesen Voraussetzungen ist praktisch die Höhe des auszuleuchtenden Raumes gleich der Höhe des Bildes, und man erkennt aus Abb. 17, daß für jeden Betrachtungsabstand die Höhenstreuung konstant ist.

Bei solchen Heimprojektionsempfängern wird man jedenfalls bei Verwendung von Braunschen Röhren — die Originalbildgröße nicht sehr klein wählen (Erwärmungsfrage usw.), so daß sich Objektive größerer Brennweite und großen Durchmessers (bei maximalem Öffnungsverhältnis) ergeben.

Da weiterhin das Objektiv in einem verhältnismäßig geringen Abstand vom Bildschirm steht, resultiert ein großer Winkel  $\mu$  (vgl. Abb. 7), der durch

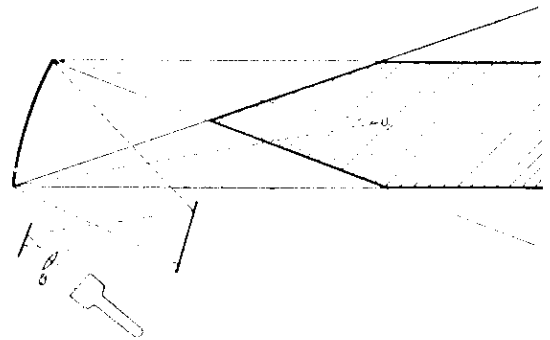


Abb. 17: Strahlengang beim Heimprojektionsempfänger.

aus in der Größenordnung der Höhenstreuung liegen kann, so daß — wie aus Abb. 18 hervorgeht — nur in einem gewissen verkleinerten Raumwinkel (stark ausgezogen gezeichnet) das ganze Bild mit konstanter Helligkeit betrachtet werden kann. Sobald das Auge des Beobachters in die Zone des Winkels  $\mu$  kommt, nimmt die Helligkeit ab, denn jedes verhältnismäßig große Objektivbildchen  $O_1$  wird von dem Rand des betreffenden Linsenrasterelements mehr und mehr abgedeckt. Man müßte also den Streuwinkel jedes Elementes um  $\mu$  vergrößern oder aber einen Randabfall bis auf  $50\%$  zulassen. Dadurch würde man zur Betrachtung des

Bildes noch den in Abb. 18 zusätzlich schraffiert gezeichneten Raum gewinnen (entsprechend Abb. 17). Die scheinbare Helligkeit des Bildes würde dann vom oberen zum unteren Bildrand (oder umgekehrt) auf die Hälfte abnehmen.

Interessant ist jedenfalls die Ueberlegung, daß eine Vergrößerung des Objektivdurchmessers  $D$  (bei konstanter Brennweite) die Helligkeit des Bildes erhöht (und zwar quadratisch mit  $D$ ), aber andererseits die Zone des Helligkeitsabfalls vergrößert (linear mit  $D$ ). Ideal wäre es natürlich, wenn man überhaupt auf eine Streuwirkung des Bildschirms in der Vertikalen verzichten kann (auch in lichttechnischer Beziehung, denn die Lichtverdünnung findet dann ja nur in einer Koordinate statt), und das Objektiv direkt über einen „Zylinderlinsenrasterhohlspiegel“ in den Zuschauerraum abbildet, was aber jedenfalls vorläufig — im Rahmen der zur Verfügung stehenden optischen Hilfsmittel einer zu geringen Höhenstreuung entspricht, wenn man nicht vielleicht später einmal an die saubere optische Aneinandersetzung von Objektivbildern ( $O_1$ ) durch evtl. mattierte Prismensysteme denkt

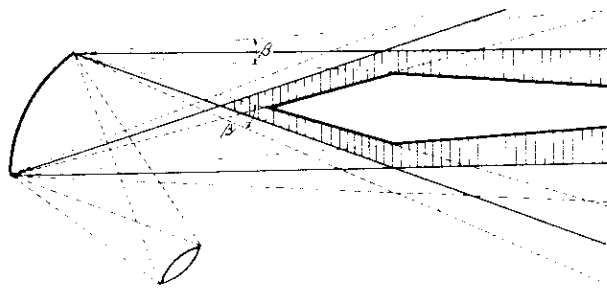


Abb. 18: Einfluß der Objektivöffnung auf den Helligkeitsabfall (Öffnungswinkel  $\alpha$ ).

### Zusammenfassung.

Der bei Fernseh-Projektionsempfängern herrschende Lichtmangel erfordert beste Ausnutzung des gelieferten Lichtstroms, also eine Bildwand, die nur in Richtung der Zuschauer reflektiert. Bildwände, deren Streuung auf einer unregelmäßig körnigen Oberfläche (Mattscheibe) oder ähnlichen Wirkungen beruht, besitzen einerseits nur eine geringe Richtwirkung, die außerdem rotationssymmetrisch ist, andererseits weisen sie in der Helligkeit einen starken Abfall nach der Seite hin auf. Von einer „idealen“ Bildwand (Linsenrasterschirm) verlangt man daher, daß ihre Breitenstreuung größer als die Höhenstreuung ist, und daß innerhalb des Beobachtungswinkels konstante Helligkeit herrscht.

Die Konstruktion des Linsenrasterbildschirmes geht von der Erkenntnis aus, daß eine optische Fläche durch ihre Größe (Begrenzungskanten) und ihre Brennweite den scharf begrenzten Raumwinkel be-

stimmt, in den das von einer Lichtquelle (Projektionsobjektiv) gelieferte Licht reflektiert wird. Jedes „Element“ des Schirmes (z. B. torischer Spiegel) erzeugt von dem Objektiv ein als gerichtet strahlender „Selbstleuchter“ wirkendes Bild und ist so klein gewählt, daß es vom Auge des Beobachters nicht mehr aufgelöst werden kann.

Die gleichmäßige Ausleuchtung der gesamten Bildfläche wird dadurch erreicht, daß die „Elemente“ auf einem Hohlspiegel angeordnet werden, der das Objektiv in die ersten Reihen des Zuschauerraumes abbildet.

Zum Schluß dankt der Verfasser Herrn E. Kosche für verschiedene wertvolle Anregungen, für Hilfe bei vielen Ueberlegungen und Korrektur des Manuskripts.

### Auszug aus der einschlägigen Patentliteratur nach Prioritätsdaten geordnet.

1. P. L. Clark, U. S. P. 1 122 192 (5. 10. 10).
2. A. O. Büchner, Br. P. 24 917 11 (29. 6. 11).
3. Prana G. m. b. H., Ö. P. 63 663 (16. 9. 11).
4. P. L. Clark, U. S. P. 1 279 262 (26. 6. 13).
5. P. L. Clark, U. S. P. 1 535 985 (27. 8. 20).
6. O. Büchner, Br. P. 182 110 (22. 6. 21).
7. H. McManus, C. F. Luce, U. S. P. 1 568 023 (18. 4. 22).
8. P. L. Clark, U. S. P. 1 666 591 (26. 3. 23).
9. C. Roche, Fr. P. 581 014 (1. 5. 24).
10. P. Pleyber, Fr. P. 588 688 (10. 10. 24).
11. D. F. Newman, U. S. P. 1 783 973 (21. 7. 26).
12. D. F. Newman, U. S. P. 1 868 759 (21. 7. 26).
13. R. O. J. Jensen, U. S. P. 1 824 353 (15. 12. 26).
14. A. L. Raven, U. S. P. 1 985 460 (25. 8. 28).
15. I. G. Farben-Industrie A.-G., Br. P. 358 055 (2. 5. 29).
16. L. Koeppel, D. R. P. 506 211 (30. 7. 29).
17. E. Wildhaber, U. S. P. 1 867 199 (11. 3. 30).
18. H. E. Ives, U. S. P. 1 883 291 (29. 10. 30).
19. R. Barthélémy, Fr. P. 725 804 (13. 1. 31).
20. T. Shimizu, U. S. P. 1 942 811 (19. 1. 31).
21. R. A. Bull, C. J. P. Small, G. A. G. Simpson, C. G. Mayer, Br. P. 371 893 (29. 1. 31).
22. H. E. Ives, U. S. P. 1 970 311 (14. 2. 31).
23. C. W. Kanolt, D. R. P. 640 893 (1. 8. 31).
24. F. H. Stevens, Br. P. 378 270 (5. 11. 31).
25. A. Arnulf, U. S. P. 2 018 592 (4. 12. 31).
26. J. Zafiropulo, Br. P. 410 518 (18. 11. 32).
27. L. Darimont, Br. P. 426 307 (21. 9. 34).
28. A. H. J. de Lassus, Br. P. 462 808 (24. 9. 35).
29. E. Busch A. G., DRGM. 1 435 568 (23. 10. 36).
30. Zeiss-Ikon A. G., DRGM. 1 424 799 (9. 11. 36).

### Schrifttum.

- (1) Möller, Großbilderzeugung beim Fernsehen. Kinotechnik 21. 1939, 1; Neue Wege der Großbilderzeugung beim Fernsehen. TFT, Sonderheft 27. 1938, 516.
- (2) H. Joachim, Die Bildwandhelligkeit in Filmtheatern. Kinotechnik 20. 1938, 285.

# Transformator-Kippgeräte.

Von Theodor Mulert und Herbert Bähring.

**Inhalt:** Es werden die Wirkungsweise der induktiv rückgekoppelten Röhre als Kippgenerator, sowie die zwei Schwingungszustände beschrieben, die als Sperrschwinger und als Sägezahnstromgenerator für die Ablenkung von Kathodenstrahlen Verwendung finden. Anschließend wird die Frage der Synchronisierung der Kipperschaltung behandelt.

Zur Erzeugung der bei magnetischer Ablenkung von Kathodenstrahlen erforderlichen Sägezahnströme, die mittels Elektronenröhren erfolgt, bestehen zwei Schaltungsmöglichkeiten:

Bei der Fremdsteuerung werden dem Gitter der Verstärkerröhre Impulse von Rechteck- oder auch Sägezahnform oder kombinierter Form zugeführt. Man erhält dann in den im Anodenkreis liegenden Ablenkspulen, denen evtl. noch eine vorgespannte Diode parallel geschaltet ist, den gewünschten Sägezahnstrom (Abb. 1).

Die zweite Möglichkeit besteht in der Anwendung der Selbststeuerung durch induktive Rückkopplung und ergibt ein Einröhrenkippgerät, das auch ohne zugeführte Impulse dauernd kippt und

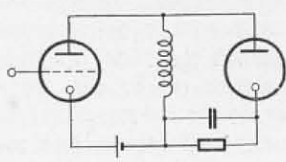


Abb. 1: Fremdgesteuertes Kippgerät.

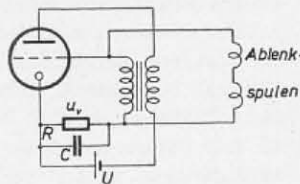


Abb. 2: Sägezahnstrom-Transformator-kippgerät.

entweder kurzzeitige Impulse oder unmittelbar unter Verwendung nur einer Röhre den gewünschten Sägezahnstrom liefert (Abb. 2).

Einröhrenkippgeräte nach dem Prinzip der Selbststeuerung werden zur Erzeugung von zeitproportionalen, sägezahnförmigen Ablenkströmen in den Geräten der Fernseh Aktiengesellschaft seit Jahren verwendet (z. B. Bildfängerkamera Olympiade 1936, Großprojektionsempfänger 1936, 1937 (1), 1938, Kleinempfänger DE 7 (2) 1938 u. a.).

Abb. 3 zeigt das im Kleinempfänger DE 7 verwendete Transformatorablenkjoch. Es arbeitet mit einer einfachen kleinen Triode als Kippöhre und liefert ein zeitproportional ansteigendes Feld zur Ablenkung in der Vertikalrichtung bei einer Leistungsaufnahme von etwa 2 Watt. Zur Ablenkung in Zeilenrichtung wird ebenfalls ein Transformator-kippgerät der gleichen Prinzipschaltung benutzt. Der Rückkopplungstransformator und die an ihn angeschlossenen Ablenkspulen sind in Abb. 4 wiedergegeben. Der Transformator besitzt Scheibenwicklung, um möglichst kleine Wicklungskapazität

zu erhalten. Außer den zeitproportional ansteigenden Ablenkströmen liefert der Transformator die Hochspannung von 6000 Volt zum Betrieb der Braunschen Röhre, die durch Gleichrichtung der Rücklaufspannungsspitze erhalten wird.

Die hohe Leistungsfähigkeit dieser Kippgeräte trotz Verwendung einer einfachen Triode als Kippöhre beruht darauf, daß die Kippöhre durch den Kipptransformator in Gebiete mit äußerst niedrigem Innenwiderstand gesteuert wird, so daß bei geeigneter Wahl der Kippöhre nur geringe Verluste in ihr auftreten.

## Arbeitsweise der Transformator-Kipperschaltung.

Nachstehend werden die Strom- und Spannungsverhältnisse der induktiv rückgekoppelten Röhre allgemein betrachtet. Es zeigt sich dabei, daß es praktisch zwei stabile Schwingungszustände gibt, die beide für Kippgeräte Verwendung finden (Sperrschwinger oder Sägezahnstromgenerator). Das Prinzipschaltbild der Kippanordnung ist in Abb. 2 wiedergegeben. Anode und Gitter der Kippöhre sind über einen Transformator mit fester Kopplung zwischen Anoden- und Gitterspule rückgekoppelt. In der Gitterleitung der Kippöhre liegt ein RC-

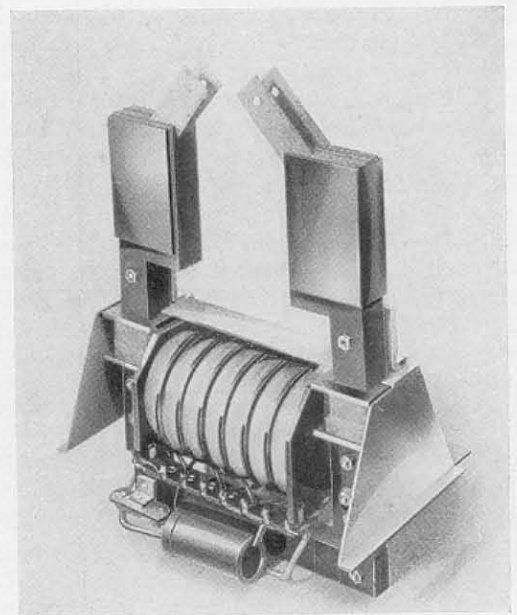


Abb. 3: Kipptransformatorjoch.

Glied und parallel zur Gitterspule bzw. an eine besondere Ausgangswicklung sind die Ablenkspulen angeschlossen.

Um die physikalischen Vorgänge in der Kippordnung etwas übersichtlicher zu gestalten, sollen zunächst die Ablenkspulen weggelassen werden (Abb. 5). Diese Anordnung kommt im Bildkippgerät (2) als Transformatorjoch (Abb. 3) praktisch

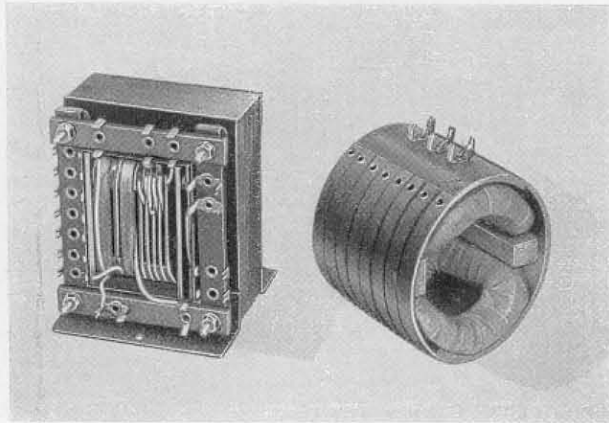


Abb. 4: Kipptransformator und Ablenkspulensystem.

in Anwendung. Der durch den Widerstand  $R$  (Abb. 5) während einer gewissen Zeit der Periode fließende Gitterstrom erzeugt die negative Vorspannung für das Gitter. Im eingeschwungenen Zustand gibt es ein Gebiet, in dem die aus dieser Vorspannung  $u_v$  und der Spannung an der Gitterspule  $u_{sp}$  resultierende Gitterspannung  $u_g$  so stark negativ ist, daß die Röhre vollkommen gesperrt wird. Von diesem Zeitpunkt an soll nun der Kippvorgang betrachtet werden, und zwar zunächst für den Sperrschwingenvorgang, da dieser umfassender ist. Am Ende einer Periode muß derselbe Zustand wieder erreicht werden.

### Sperrschwinger.

Um die einzelnen Vorgänge möglichst anschaulich darzustellen, soll die Beschreibung durch die

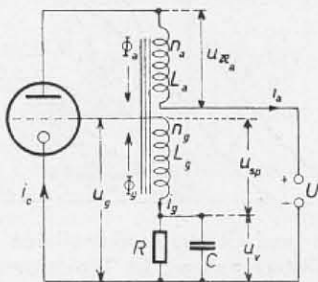


Abb. 5: Prinzipschaltbild des Transformatorkippgerätes.

graphische Darstellung des zeitlichen Verlaufes der Ströme und Spannungen unterstützt werden (Abb. 6). Wird die negative Gittervorspannung  $u_g$  infolge der Entladung der Kondensatorspannung  $u_v$  über

den Widerstand  $R$  nach einer Exponentialfunktion mit der Zeitkonstanten  $R \cdot C$  (oder beim Sägezahnstromtransformator durch den Verlauf der Spulen-

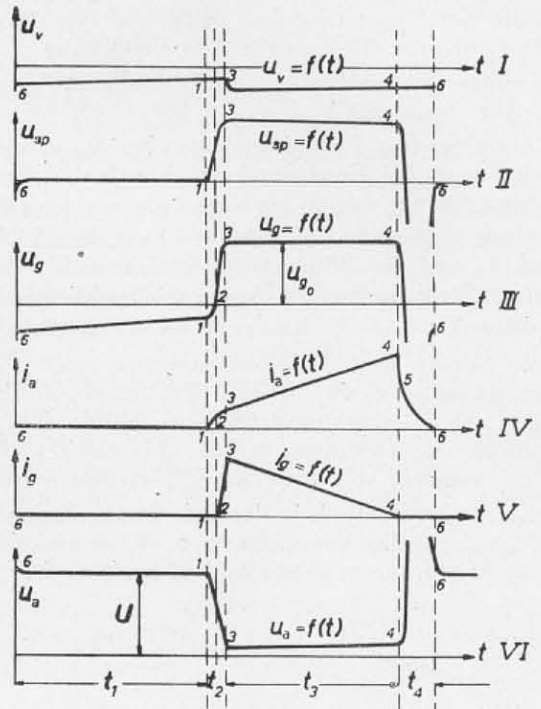


Abb. 6:

Strom- und Spannungsverlauf am Kippgerät nach Abb. 5.

spannung) soweit verringert, daß bei der Anodenspannung der Röhre vom Betrag der Betriebsspannung  $U$  ein Anodenstrom einsetzt (Punkt 1, Kurve IV), so wird durch diesen Strom (nach Abb. 5) der Fluß  $\Phi_a$  erzeugt. Bei ansteigendem Anodenstrom wächst  $\Phi_a$  ebenfalls, und es wird in der Spule  $L_a$  eine Gegenspannung  $n_a d\Phi_a/dt$  erzeugt, welche die Anodenspannung an der Röhre vermindert (Kurve VI), während in der Spule  $L_g$  eine Spannung  $u_{sp} = n_g d\Phi_a/dt$  (Kurve II) entsteht, deren Polung so vorgenommen ist, daß am Gitterende positives Potential liegt. Somit wird der Anodenstrom  $i_a$  und damit das Feld  $\Phi_a$  weiter ansteigen und ein Rückkopplungsvorgang einsetzen, der die Spulen- und Gitterspannung sehr schnell hoch treibt. Dabei wird die Gitterspannung den Nullpunkt überschreiten (Punkt 2, Kurve III), und infolgedessen wird Gitterstrom einsetzen. Dieser erzeugt infolge der vorgenommenen Polung der Wicklungen ein Feld  $\Phi_g$ , das dem Feld  $\Phi_a$  entgegenwirkt, also als negativ anzusehen ist. Von diesem Zeitpunkt an ist die Flußänderung des resultierenden Feldes  $\Phi_a + \Phi_g$  für die Spannungsbildung maßgebend. Das Gegenfeld von  $\Phi_g$  wird sich zunächst in der Nähe der Gitterspannung 0 wenig auswirken, da die Anodenspannung einen verhältnismäßig hohen Wert hat, so daß der Rückkopplungseffekt die Gitterspannung weiter ins positive Gebiet treibt. Anodenstrom und Gitterstrom steigen beide weiter an, der Gitterstrom jedoch infolge seiner steileren Kennlinie und infolge

der weiteren Anodenspannungsabnahme (vgl. Abb. 6, Kurve VI und Abb. 7) wesentlich rascher, so daß bald ein Zeitpunkt 3 erreicht wird, in dem die Flußänderung von  $\Phi_z$  der von  $\Phi_a$  so stark entgegenwirkt, daß die Gitterspannung den annähernd konstanten Wert  $u_{z_0}$  (Kurve III) erreicht. Mit Erreichung dieses Spannungswertes hört der rasche Aufschaukelprozeß auf. Die Spannung  $u_{z_0} = u_z \cdot n_z \cdot (d\Phi_a - d\Phi_z) / dt$  wird bei ansteigendem  $\Phi_a$  und ansteigendem  $\Phi_z$  erreicht.  $\Phi_a$  wird auch bei Erreichung des konstanten Spannungswertes  $u_{z_0}$  weiter ansteigen, da die Betriebsspannung  $U$  über die Induktivität  $L_a$  mit dem Widerstand  $R_a$  und die Röhre mit dem Innenwiderstand  $R_{i_a}$  einen Strom nach einer Exponentialfunktion treibt.

Wenn  $u_z$  von  $u_{z_0}$  aus noch weiter ansteige, so würde infolge eines Weiteranstiegens von  $i_z$  der Spannungsanteil  $n_z \cdot d\Phi_z / dt$  den Wert  $n_z \cdot d\Phi_a / dt$  überwiegen und  $u_z$  verkleinert werden. Würde dagegen  $u_z$  wieder zurückkippen, würde also rasch kleiner als  $u_{z_0}$  werden, so würde auch  $i_z$  kleiner werden. Es würde sich dadurch in der induzierten Spannung  $n_z \cdot (d\Phi_a - d\Phi_z) / dt$  das Vorzeichen von  $d\Phi_z / dt$  umkehren und  $u_z$  in stärkerem Maße ansteigen als vorher bei

ansteigendem  $i_z$ . Im Zeitpunkt 3 (Abb. 6, Kurve III) wird somit durch die Gegenwirkung von  $d\Phi_z / dt$  eine stabile Gleichgewichtslage erreicht. In diesem Zustand wird  $i_a$  und damit  $\Phi_a$  weiter ansteigen,  $i_z$  und damit  $\Phi_z$  infolge der Stromverteilungswirkung (vgl. Abb. 7 und 8) abnehmen.

Die Differentialgleichung für den resultierenden Feldverlauf  $\Phi = \Phi_a - \Phi_z$  in der Zeit  $t$ : (Abb. 6) ergibt sich aus den Gleichgewichtsbedingungen.

$$u_{z_0} = i_a R_a + n_a \frac{d\Phi}{dt} \quad (1)$$

$$u_z = i_z R_z + n_z \frac{d\Phi}{dt} + u_v \quad (2)$$

$$u_a = U - u_{z_0} \quad (3)$$

$$i_a = S(u_z - D u_a) - i_z \quad (4)$$

$$\Phi = k(n_z i_z - n_a i_a) \quad (5)$$

$$i_z \approx \frac{u_z}{R_{i_z} \left(1 + m \frac{u_a}{u_z}\right)} \approx \frac{u_z}{R_{i_z} \left(1 + m \frac{u_a}{u_z}\right)} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{empirische Formel, bei der } u_{z_0} \\ \text{0 und } R_{i_z} \text{ bei } U_a \\ \text{0 sowie } m \approx 2 \\ \text{ist.} \end{array} \right. \quad (6)$$

Aus Gleichung 4 und 6 folgt:

$$\frac{i_a}{u_z} R_{i_z} (1 + m v) = S R_{i_z} \left(1 + D \frac{u_a}{u_z}\right) \left(1 + m \frac{u_a}{u_z}\right) - 1 + v \frac{u_a}{u_z} \quad (7)$$

und da im Stromverteilungsgebiet  $u_a \cdot S D \frac{u_a}{R_{i_a}} = i_a$  ist, ergibt sich  $S R_{i_z} (1 + m v) - 1 = 0$

Unter Berücksichtigung dieser Bedingung nimmt die Differentialgleichung des Feldverlaufes die Form an

$$\Phi \cdot \frac{d\Phi}{dt} \left[ \frac{L_a}{R_a + R_{i_a}} + \frac{L_z}{R_z + R_{i_z} (1 + m v)} \right] = \frac{U}{n_a} \frac{L_a}{R_a + R_{i_a}} \frac{u_v}{n_z} \frac{L_z}{R_z + R_{i_z} (1 + m v)} - \Phi_m \quad (8)$$

Unter der Annahme, daß  $R_a + R_{i_a}$  und  $R_z + R_{i_z} (1 + m v)$  näherungsweise konstant ist, erhält man für den Feldverlauf

$$\Phi = \Phi_m \left(1 - e^{-t/T}\right) \quad (9)$$

$$\text{wobei: } \Phi_m = \frac{U}{n_a} \frac{L_a}{R_a + R_{i_a}} \frac{u_v}{n_z} \frac{L_z}{R_z + R_{i_z} (1 + m v)}$$

$$T = \frac{L_a}{R_a + R_{i_a}} + \frac{L_z}{R_z + R_{i_z} (1 + m v)}$$

Wenn die Zeitkonstante  $T$  wesentlich größer als die Zeit  $t$ , etwa  $T = 10 t$ , gewählt wird, ist die Flußänderung nahezu linear und die Spannung an der Gitterspule annähernd konstant. Die erforderliche Größe der Zeitkonstante kann sowohl durch eine hinreichend große Anodenkreiszeitkonstante

$\frac{L_a}{R_a + R_{i_a}}$  als auch durch eine hinreichend große

Gitterkreiszeitkonstante  $\frac{L_z}{R_z + R_{i_z} (1 + m v)}$  erreicht

werden. Der Verlauf des Feldes vom Zeitpunkt 3 bis 4 (Abb. 6) entspricht somit nach Gleichung 9 dem eines Schaltvorganges der Spannungen  $u_z$  und  $U$  an den Induktivitäten  $L_z$ ,  $L_a$  und den diesen In-

duktivitäten zugeordneten Widerständen  $R + R_{i_a}$  und  $R_z + R_{i_z} (1 + m v)$ . Bei der Dimensionierung der Innenwiderstände  $R_{i_a}$  und  $R_{i_z}$  ist zu beachten, daß diese nicht mit denen im negativen Gitterspannungsgebiet

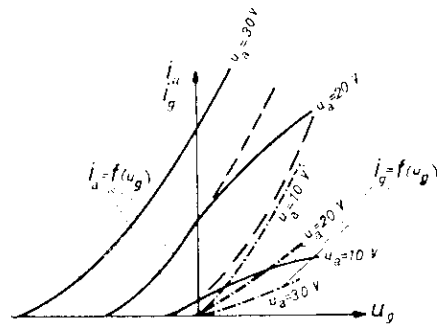


Abb. 7: Anoden- und Gitterstromkennlinien in Abhängigkeit von der Gitterspannung im Stromverteilungsgebiet.

identisch sind, sondern daß sie durch die Stromverteilung zwischen Gitter und Anode bestimmt werden. In Abb. 8 ist die  $i_a$ ,  $U_a$ - und  $i_z$ ,  $U_a$ -Kennlinie ober- und unterhalb der Gitterspannung 0 dargestellt. Der betrachtete Schaltvorgang findet im Anfangsgebiet der Anodenspannung statt. In diesem

steigt der Anodenstrom in Abhängigkeit von der Anodenspannung außerordentlich stark an und biegt dann bei  $u_a \approx u_g$  oder bei einsetzender Sekundäremission stark um. Der Widerstand  $R_{i_a}$   $\frac{du_a}{di_a} \approx \frac{u_a}{i_a}$

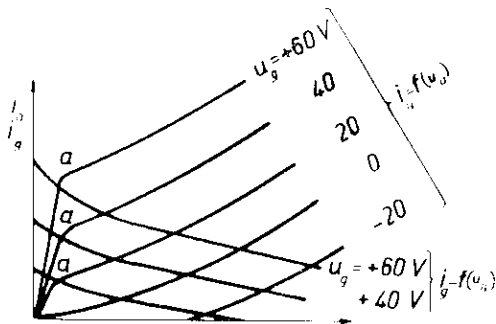


Abb. 8: Anoden- und Gitterstromkennlinien in Abhängigkeit von der Anodenspannung im Stromverteilungsgebiet.

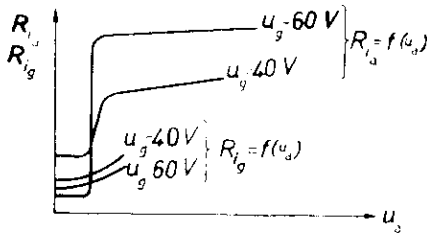


Abb. 9: Röhreninnenwiderstand in Abhängigkeit von der Anodenspannung im Stromverteilungsgebiet.

in diesem Stromverteilungsgebiet ist um so kleiner, je größer die gewählte positive Gitterspannung ist. Er steigt im Knickpunkt außerordentlich stark an (Abb. 9). Durch die Dimensionierung der Gitterinduktivität des Rückkopplungstransformators können die am Gitter auftretende Gitterspannung und damit die Innenwiderstände der Kippöhre im Stromverteilungsgebiet in gewissen Grenzen beherrscht werden. Die zwischen dem Zeitpunkt 3 und 4 (Abb. 6) am Gitter auftretende Spannung

$$u_g = u_a \cdot n_g \left( \frac{d\psi_a}{dt} \cdot \frac{d\psi_g}{dt} \right) = u_a \cdot \left( M \frac{di_a}{dt} + L_g \frac{di_g}{dt} \right)$$

wobei sowohl  $M \cdot \frac{di_a}{dt}$  als auch  $L_g \frac{di_g}{dt}$  positiv sind, wird negativer, sobald  $M \frac{di_a}{dt}$  oder  $L_g \frac{di_g}{dt}$  kleiner wird.  $M \frac{di_a}{dt}$  wird kleiner, sobald der Anodenstrom den oberen Knick der  $i_a, u_a$  Kennlinie erreicht (Abb. 8, Punkt a).  $L_g \frac{di_g}{dt}$  verschwindet in dem

Augenblick, in dem  $i_g$  gleich 0 wird (Abb. 6, Kurve V, Punkt 4). Durch diese Gitterspannungsverminderung wird zugleich eine Anodenstromverminderung bedingt (Kurve IV, Punkt 5). Durch Rückkopplung wird somit  $u_g$  weiter vermindert und damit ein Rückkippen des Anodenstromes verursacht. Die Anoden-

stromänderung ist bei diesem Rückkopplungsprozeß so intensiv, daß an der Anode der Kippöhre eine äußerst hohe positive, am Gitter eine dem Windungsverhältnis entsprechende hohe negative Rücklaufspannung auftritt. Der Arbeitspunkt der Röhre wird während dieser Zeit die gesamte Kennlinienschar bis zur größten negativen Gitterspannung hin durchlaufen, bis  $i_a$  den Wert 0 und  $u_a$  den Batteriespannungswert  $U$  erreicht (Abb. 10). Die Röhre wird jedoch noch gesperrt bleiben, da die Spannung  $u_g$  am Gitterkondensator zur Sperrung ausreicht. Erst das Absinken der Kondensatorspannung durch Entladung über den parallel liegenden Widerstand bis zum Stromeinsetz bei der Anodenspannung  $U$  wird erneut ein Hochkippen des Stromes verursacht. Damit ist der Ausgangszustand erreicht und die Periode geschlossen. Die Dauer einer Kipperperiode bestimmt sich beim Sperrschwinger im wesentlichen durch die Zeit  $t_1$  (Abb. 6). Diese Zeit ist bei hinreichender Ergiebigkeit der Kathode durch die Zeitkonstante des  $RC$ -Gliedes bestimmt.  $t_1$  wird also größer, wenn  $R$  oder  $C$  vergrößert werden.

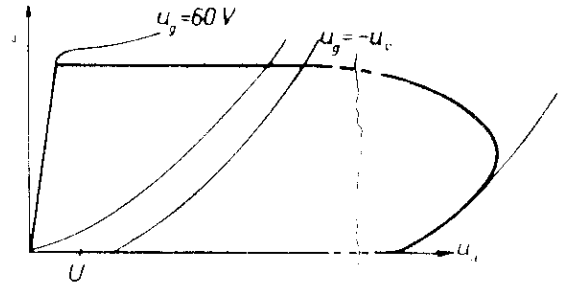


Abb. 10: Bewegung des Arbeitspunktes durch das Kennlinienfeld während einer Kipperperiode.

### Sägezahnstromtransformator-Kippgerät.

Bei der bisherigen Betrachtungsweise wurde der Einfluß der Eigenkapazität vernachlässigt. Die Eigenkapazitäten der Spulen bedingen, daß die raschen Vorgänge verschliffen werden oder Schwingungsform annehmen. Sofern die Schwingungsform aperiodischen Charakter hat, wird sich auch dann an den Vorgängen nichts wesentliches ändern. Wird jedoch die Schwingungsform periodisch und schwingt die Gitterspulen Spannung soweit über 0 in den positiven Bereich, daß die resultierende Gitterspannung über die Vorspannung hinweg bis zum Stromeinsetzpunkt angehoben wird, so wird der Anodenstrom hochkippen, ohne daß die Kondensatorentladezeit  $t_1$  verstreichen muß. Die Zeit  $t_1$  wird also Null und Strom- und Spannungskurven nehmen die Form der Abb. 11 an. Die Dauer einer Kipperperiode wird hier im wesentlichen durch die Zeit  $t_1$  (Abb. 11) bestimmt. Während dieser Zeit ist die Gitterspannung annähernd konstant:

$$u_g = u_a \cdot M \frac{di_a}{dt} + L_g \frac{di_g}{dt} \approx u_a \cdot \frac{M i_{a, \max} + L_g i_{g, \max}}{t_1}$$

Die Zeit  $t_3$  muß danach um so größer werden, je größer  $M$ ,  $i_a$ ,  $L_g$  und  $i_B$  werden und je kleiner  $u_r$ , d. h. der Widerstand  $R$  des  $RC$ -Gliedes gewählt wird.

Werden Ablenkspulen zu einer Transformatorwicklung, z. B. zur Gitterspule parallel gelegt, wie das in Abb. 2 dargestellt ist, so wird die während

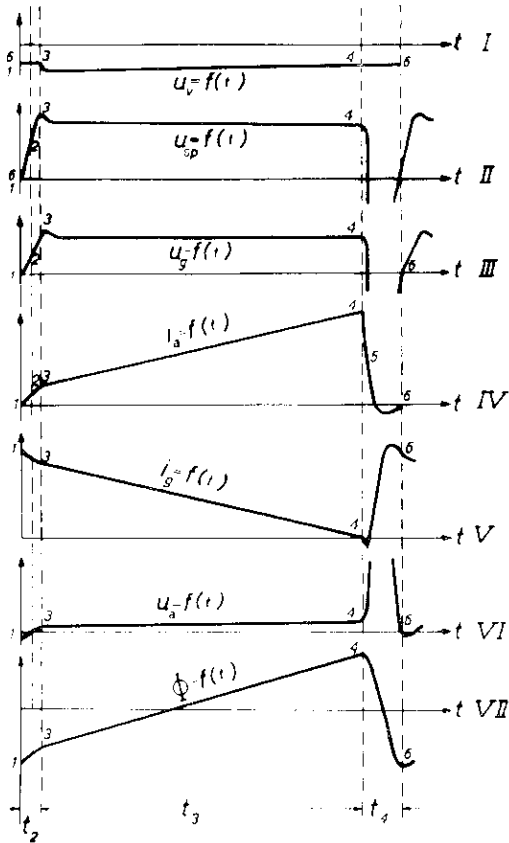


Abb. 11: Strom- und Spannungsverlauf im Sägezahnstrom-Kippgerät.

des linearen Magnetfeldanstieges in den Spulen des Transformators auftretende konstante EMK entsprechend einem Schaltvorgang über die Ablenkspulen einen nach einer Exponentialfunktion ansteigenden Strom treiben. Dabei muß die Zeitkonstante dieser Funktion so gewählt werden, daß die Kipperiodendauer wesentlich kleiner als diese Zeitkonstante ist, wenn die Abweichung des Ablenkspulenstromes von der linearen Funktion gering sein soll. Es tritt also bei dieser Schaltung eine Aufteilung des resultierenden magnetischen Feldes in ein Teilfeld im Transformator und ein Teilfeld in den Ablenkspulen ein. Durch geeignete Dimensionierung des Ausgangskreises kann erreicht werden, daß sich nahezu das gesamte resultierende Feld in den Ablenkspulen aufbaut, wobei sich an dem Kippvorgang gegenüber dem beschriebenen im wesentlichen nichts ändert. Es muß anstatt mit der Anoden- und Gitterwicklungs-Induktivität lediglich mit der transformierten Ablenkinduktivität gerechnet werden.

Analogie der Transformatorkippschaltung (Abb. 2) zur Verstärkerschaltung (Abb. 1).

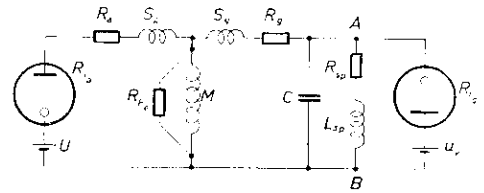


Abb. 12: Ersatzschema der Kipptransformatorschaltung.

In Abb. 12 ist eine vereinfachte Darstellung der Schaltung nach Abb. 2 im Ersatzschaltbild gegeben. Es ist das Transformatorübersetzungsverhältnis  $\bar{u} = 1$  vorausgesetzt und die verschiedenen Kapazitäten der Schaltung sind zu einem Kondensator  $C$  vereinigt. Vernachlässigt man die Streuung  $S$  und setzt  $M$  und  $R_{Fv} \rightarrow \infty$ , so ergibt sich praktisch die Schaltung der Abb. 1 in der Form, daß die Gitterkathodenstrecke durch eine getrennte Diode zu ersetzen ist. Die in den Streuinduktivitäten  $S_a$  und  $S_g$  und in der Querinduktivität  $M$  aufgebauten Magnetfelder tragen nicht zur Ablenkung bei, sondern erfordern nur eine größere Leistung der Kippöhre.

Während des Rücklaufes (Zeit 4—5—6 in Abb. 11) lädt sich der Kondensator  $C$  (Abb. 12) positiv (Punkt 2' in Abb. 13) auf. Da zu dieser Zeit die Dämpfung durch die Röhreninnenwiderstände  $R_{ie}$  und  $R_{iB}$  entfällt, tritt eine freie Schwingung in dem durch  $L_{sp}$  und  $C$  gebildeten Schwingungskreis auf. Die Schwingenergie, die während des Rücklaufes die Kondensatorladung [Abb. 13, Punkt 2'] bewirkte, wandert in die Ablenkinduktivität und erzeugt dort ein Ablenkkfeld  $\Phi$ , das in Richtung dem vom Anodenstrom erzeugten entgegengesetzt ist, das also den Kathodenstrahl auch in entgegengesetzter Richtung ablenkt (Punkt 3 in Abb. 13). In diesem Zeitpunkt wird jedoch die Spannung  $u_{AB}$  (Abb. 12) wieder negativ und somit die Spannung an der Gitterstrecke positiv, der Gitterwiderstand  $R_{ie}$  sehr klein, sobald die Spannung den Betrag von  $u_r$  überschreitet. Der Schwingstrom kann jetzt nicht den Kondensator  $C$  auf die Spannung 4' (Abb. 13) aufladen, sondern es ergibt sich eine Stromkurve nach einer Exponentialfunktion infolge der Dämpfung durch den Gitterinnenwiderstand. Ein bereits im Punkt 3 auftretender Anodenstrom bewirkt jedoch eine Ablenkung in entgegengesetzter Richtung, er verringert in diesem Zeitpunkt die wirksame Ablenkung. Er kann klein gehalten werden, wenn vor das Gitter ein nicht überblockter Widerstand geschaltet wird, der infolge des an ihm auftretenden Spannungsabfalles zunächst die positive Spannung zwischen Gitter und Kathode niedriger hält und dadurch den in diesem Zeitpunkt schädlichen Anodenstrom verringert. Man erhält so eine größere Ablenkung des Kathodenstrahls. Der Widerstand hat außerdem noch die Wirkung, daß die auf dem Gitter als Wärme auftretende Verlustleistung



infolge des verringerten Stromes und der verringerten Gitterspannung kleiner wird. Das positive Gitter bewirkt gleichzeitig, daß der Innenwider-

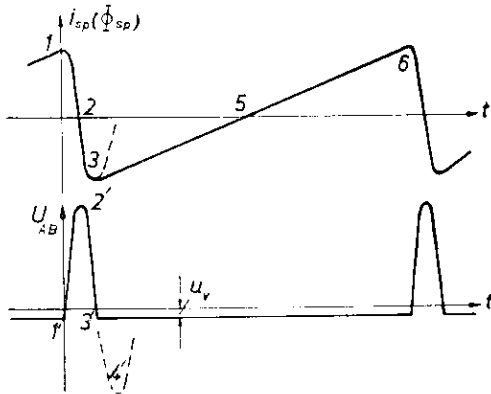


Abb. 13: Zeitlicher Verlauf von Magnetfeld und Spannung der Ablenspsulen.

stand  $R_{i_0}$  auf sehr kleine Werte absinkt. Auch hierdurch wird die Schwingung 3'—4' (Abb. 13) gedämpft, und zwar um so mehr, je kleiner die Streuung des Transformators ist.

### Ideale Stromform und Hochspannungserzeugung.

Der in Abb. 11 (Kurve VII) dargestellte zeitliche Verlauf des Flusses wird nach Gleichung 5 durch die Anodenstrom- und Gitterstromamperwindungen erzeugt, d. h. unter Berücksichtigung der Windungszahlen durch Superposition der Kurven IV und V in Abb. 11. An der Stelle 1 der Abb. 14 ist  $\Phi = 0$ , d. h.  $n_a \cdot i_a - n_g \cdot i_g = 0$ . Diese Bedingung wird aber

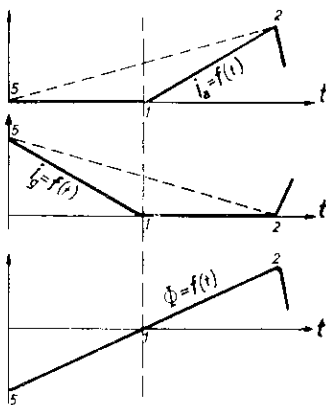


Abb. 14: Ideale Kippstromform.

bei gleichem Verlauf der übrigen Kurven auch erfüllt, wenn an der Stelle 1 der Abb. 12  $i_a$  und  $i_g = 0$  wären, und  $i_a$  und  $i_g$  den in Abb. 14 dargestellten Verlauf hätten. Das heißt aber, die von diesen Kurven und den entsprechend Abb. 11 punktiert gezeichneten ursprünglichen Stromkurven eingeschlossenen Flächen sind überflüssig. Wenn auch

diese Stromform nicht vollkommen realisierbar ist, so lassen sich durch besondere Schaltmaßnahmen, wie durch das Nichtabblocken des Gitterwiderstandes und Verwendung von Mehrgitterröhren Stromkurven erzielen, die den Idealformen näherkommen.

Die Transformatorkippschaltung hat die angenehme Eigenschaft, als Zugabe durch den Schaltvorgang während des Rücklaufs eine hohe Spannungsspitze zu liefern. Sie ist entsprechend dem Übersetzungsverhältnis des Transformators  $u$  mal größer als die an den Spulen auftretende und kann durch Gleichrichtung leicht zu Gleichspannung umgeformt und zur Speisung der Braunschen Röhre verwendet werden.

### Synchronisierung.

Wie bereits erwähnt, erfolgt im praktischen Betrieb das selbständige Umkippen ohne Synchronisierung dadurch, daß der Gitterstrom Null wird. Es entfällt dann die durch den abnehmenden Gitterstrom in der Gitterspule induzierte positive Spannung. Somit wird der Anodenstrom kleiner, die Anodenspannung höher, infolge Rückkopplung die Gitterspannung negativer, die Röhre wird also gesperrt. Da die Synchronisierung stets vor dem Zeitpunkt stattfinden muß, in dem ein selbständiges Rückkippen erfolgen würde, fließt im Synchronisierungsmoment noch Gitterstrom, der durch den eingeleiteten Kippvorgang plötzlich unterbrochen wird. Dies hat am Gitterende der Gitterwicklung einen positiven Spannungsimpuls zur Folge, der die Sperrung der Röhre hemmt und somit dem Umkippvorgang entgegenwirkt. Dieser Impuls muß von der Synchronisieröhre völlig unterdrückt werden, wenn eine phasenstarre Synchronisierung erfolgen soll. Es ist demnach eine gewisse Leistung zur Synchronisierung erforderlich, die in Form eines negativen Impulses dem Gitter aufgedrückt werden muß. Dies kann auf verschiedene Arten erreicht werden:

a) Es kann auf den Kipptransformator eine besondere Synchronisierwicklung aufgebracht werden, die im Anodenkreis einer besonderen Synchronisieröhre liegt (Abb. 15). Bei nicht extrem kleiner Streuung erfolgt die Synchronisierung jedoch nicht völlig phasenstarr.

b) Die Synchronisierungsimpulse werden über einen Kondensator vom Anodenwiderstand der Synchronisieröhre abgenommen und dem Gitter zugeführt (Abb. 16).

c) Eine weitere Synchronisierschaltung ist in Abb. 17 angegeben. Es ist in diesem Falle die Anode der Synchronisieröhre galvanisch mit dem Gitter der Kippöhre verbunden\*). Als Anodenspannung erhält die Synchronisieröhre die während des Hinlaufes am Gitter bzw. der Gitterspule auftretende positive Spannung. Es ist von Vorteil, zur Synchronisierung ein Schirmgittersystem oder eine Eingitteröhre mit größerem Durchgriff zu benutzen.

\*) Franz. Pat. 839 786 v. 24. 6. 37.

Das Synchronisiersystem ist während des Hinlaufes in den Fällen b) und c) durch negative Vorspannung am Steuergitter gesperrt. Durch den dem Steuergitter zugeführten positiven Synchronisierimpuls wird die Synchronisieröhre geöffnet. Der Anodenstromimpuls der Synchronisieröhre fließt in die Gitterspule, so daß der Strom und der induktive Spannungsabfall in dieser Spule erhöht wird. Da-

induktiv rückgekoppelten Kippgenerators beschrieben. Die Größe der Dämpfung des stets vorhandenen Schwingungskreises bestimmt, ob kurzzeitige Impulse (Sperrschwinger) oder sägezahnförmige Ströme erhalten werden. Bei der Erzeugung sägezahnförmiger Ströme wirkt die Röhre als Schalter. Es werden Gitter- und Anodengleichspannung über die betreffenden Innenwiderstände auf die Ablenk-

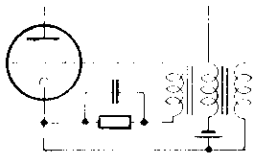


Abb. 15: Synchronisierung mit gesonderter Wicklung.

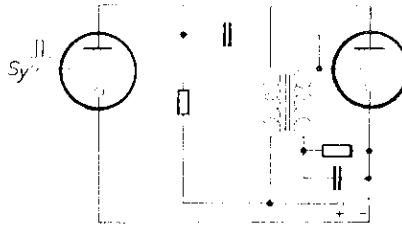


Abb. 16: Kapazitive Ankopplung der Synchronisieröhre.

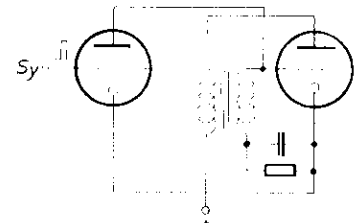


Abb. 17: Galvanische Ankopplung der Synchronisieröhre.

durch wird die Spannung am Gitter der Kippröhre herabgesetzt, der Anodenstrom verringert und somit der Kippvorgang eingeleitet.

d) Um eine besondere Synchronisieröhre zu sparen, kann man auch im Innern der Kippröhre ein besonderes Synchronisiergitter anbringen, dem die Impulse unmittelbar zugeführt werden\*\*).

### Zusammenfassung.

An Hand der Darstellung der verschiedenen Ströme und Spannungen wird die Arbeitsweise des

\*\*) U.S.A. Patent 2 051 372 v. 18. 8. 36.

induktivität geschaltet. Der Sägezahnstromgenerator hat den besten Wirkungsgrad, wenn während der halben Zeit möglichst nur Gitterstrom, während der zweiten Hälfte der Zeit möglichst nur Anodenstrom fließt. Schließlich wird auf die Frage der Synchronisierung eingegangen und verschiedene Synchronisierungsschaltungen angegeben.

### Schrifttum.

- (1) W. Dillenburger, Fernseh Hausmitt. 1. 1938, 32.
- (2) F. Rudert, Fernseh Hausmitt. 1. 1938, 37.

## Rasterformen bei doppelmagnetischer Ablenkung des Elektronenstrahles in Weitwinkel-Kathodenstrahlröhren.

Von Johannes Günther.

**Inhalt:** Es wird zunächst auf zeichnerischem Wege die bei homogenen magnetischen Ablenkkfeldern zu erwartende Rasterform bei großem Ablenkwinkel ermittelt und an Hand dieser Darstellung die Gültigkeit der bisher in der Literatur für die Ablenkung des Elektronenstrahles in Braunschen Röhren mittels Magnetfelder bekannten Formeln diskutiert, sowie eine genaue, auch für große Ablenkwinkel gültige Formel aufgestellt. Es wird weiterhin der Lauf des Elektronenstrahles bei hintereinander liegenden Ablenkkfeldern besprochen, sowie auf zunächst unerwartete Rasterformen bei Verwendung der verschiedenen Ablenkssysteme (Luftspule, Eisenjoch) hingewiesen und die Möglichkeiten angegeben, wie Rasterfehler zu vermeiden sind.

Die Grundformel für die Bewegung eines Elektronenstrahles in einem Magnetfeld, welches senkrecht zur Bewegungsrichtung verläuft, heißt:

$$R = \frac{m v}{e \mathfrak{H}} \quad (1)$$

Sie gibt den Radius des Kreises an, auf dem die Elektronen mit der Geschwindigkeit  $v$  im Magnetfeld von der Feldstärke  $\mathfrak{H}$  entlanglaufen. Im folgen-

den wird nun die Wirkung dieses Gesetzes auf die Ablenkung bei Vorhandensein von zwei aufeinander senkrecht stehenden Magnetfeldern gezeigt.

An gleicher Stelle liegende Ablenkkfelder.

Entsprechend der Formel (1) wird ein Elektronenstrahl, der, wie in Abb. 1 dargestellt ist, im Punkt A in ein homogenes Magnetfeld  $\mathfrak{H}_1$  von der

Länge  $l$  eintritt, in der Ebene  $ABCD$  abgelenkt, tritt im Punkt  $E$  aus dem Magnetfeld heraus, um in Richtung der Tangente in diesem Punkte weiterzulaufen. Der Strahl ist also am Ende des Magnetfeldes um den Betrag  $BE$  gehoben worden, der sich zeichnerisch aus Abb. 2 ergibt. Darin sind die Größen  $\mathfrak{H}_b$  und  $v$  so angenommen worden, daß sich für  $R_b = l/2$  ergibt. Eine gleiche Ablenkung erfährt der Strahl in der Ebene  $A'B'C'D'$  durch das Feld  $\mathfrak{H}_z$  bei fehlendem  $\mathfrak{H}_b$ . Der Austrittspunkt  $F$  hat die gleiche Entfernung von  $B$  wie der Punkt  $E$ . Sind nun beide Felder gleichzeitig vorhanden und gleichstark, also  $\mathfrak{H}_b = \mathfrak{H}_z$ , so ergibt sich ein resultierendes Feld  $\mathfrak{H}_{res} = \mathfrak{H}_b \cdot \sqrt{2} = \mathfrak{H}_z \cdot \sqrt{2}$ . Das bedeutet aber, daß der Strahl, der in der Ebene  $A'B'C'D'$  senkrecht zum resultierenden Felde abgelenkt wird, auf einem Kreise mit  $\sqrt{2}$  mal kleinerem Radius laufen muß, d. h. in Abb. 2 wird der Strahl bei  $R_{res} = l/2$  die Austrittsebene  $B''C''C''$  etwa in dem Punkte  $G$  berühren.

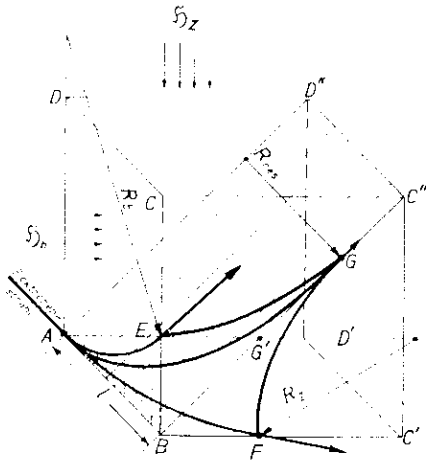


Abb. 1.

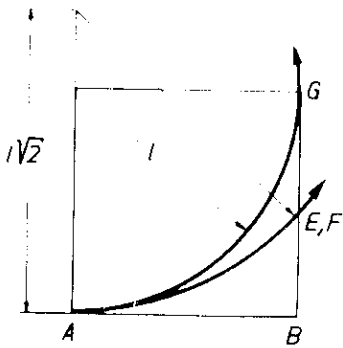


Abb. 2.

Abb. 1 und 2: Räumliche Darstellung der Strahlablenkung durch zwei an gleicher Stelle liegende Magnetfelder.

Es liegt hier der Grenzfall vor, daß der Elektronenstrahl die Magnetfelder gerade nicht mehr verlassen kann, wenn beide gleichzeitig ihre volle Größe haben. Er tritt ein, wenn die Felder  $\mathfrak{H}_b$  und  $\mathfrak{H}_z$  für sich allein den Strahl um  $45^\circ$  gegenüber der Ursprungsrichtung ablenken. Es ist nämlich bei

$45^\circ \sin \gamma = l/R \cdot \frac{1}{2}$ . Wird jetzt  $R$  um den Faktor  $\sqrt{2}$  kleiner, so ergibt sich  $\sin \gamma = 1$  oder  $\gamma = 90^\circ$ . Die heute vorkommenden Ablenkwinkel in den Weitwinkel-Kathodenstrahlröhren liegen etwa bei  $30^\circ$ , hervorgerufen durch das Einzelfeld, also  $45^\circ$  bei Vorhandensein beider gleichstarker Felder.

Fällt in Abb. 1 der Schirm der Braunschener Röhre mit der Austrittsebene  $B''C''C''$  zusammen, so ist die Rasterform durch die Begrenzungslinien  $FG$  und  $GE$  gegeben, und zwar sind diese die Begrenzungslinien des rechten, oberen Rasterviertels. Auf diese zeichnerische Weise sind die Rasterformen in Abb. 3 gewonnen worden. Sie gelten für einen völlig ebenen Schirm, der vom Ende des Magnetfeldes an gerechnet um den Betrag  $L/4$  entfernt ist. Dieses Verhältnis von  $L/4$  ist bei Weitwinkel-Kathodenstrahlröhren gewöhnlich vorhanden, wenn Luftspulen verwendet werden. Für die prinzipiellen Betrachtungen ist dieser Wert jedoch nicht so wichtig, da das Verhältnis: „Länge des Magnetfeldes zum Krümmungsradius der Elektronenbahn“ durch den Sinus des Ablenkungswinkels festgelegt ist.

Um gleichzeitig die Abhängigkeit der Ablenkung von der Feldstärke zu prüfen, wurden den einzelnen Rasterformen in Abb. 3 nicht konstante Ablenkwinkel, sondern gleiche Feldstärkeunterschiede zugrunde gelegt. Wie aus der Spalte 4 in der Zahlentafel zu erkennen ist, nimmt die Ablenkung mehr als proportional mit der Feldstärke zu. Gleichzeitig ist in der Zahlentafel die prozentuale Ueberhöhung der Rasterecken gegenüber der Mitte einer Rasterseite wiedergegeben. Daraus ersieht man, daß die Problemstellung der Rasterverzerrung erst mit der Schaffung der Weitwinkel-Kathodenstrahlröhre mit ihrem flachen Schirm auftreten konnte, denn bislang wurden nur gekrümmte Schirme und Ablenkwinkel von etwa  $15^\circ$  verwendet, bei welchen Werten gemäß der Zahlentafel noch keine merkbare Rasterverzerrung entsteht.

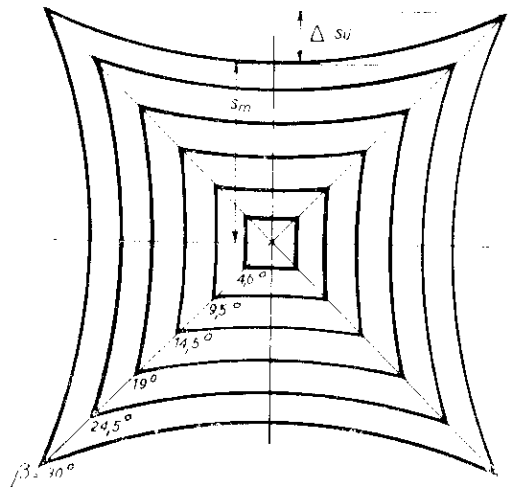


Abb 3: Rasterformen für konstante Feldstärkeunterschiede auf ebenem Schirm bei doppelmagnetischer Ablenkung [L = Ablenkungswinkel].

Die bisher übliche Formel für die Ablenkung  $S$  des Elektronenstrahles in Braunschen Röhren mittels magnetischer Felder lautet:

$$S = \frac{\mathfrak{H}}{v} \cdot \frac{e}{m} l (L + l/2) \quad (2)$$

wobei  $L$  der Abstand vom Schirm bis zum Magnetfeldbeginn ist. Nach dieser Formel wird die Ablenkung  $S$  nur  $\sqrt{2}$  mal größer, wenn das Magnetfeld  $\mathfrak{H}$  um diesen Faktor zunimmt, z. B. das resultierende Feld in Abb. 1. Es würde also der Strahl in dieser Abbildung nicht im Punkte  $G$ , sondern im Punkte  $G'$  die Austrittsebene verlassen. Außerdem ist nach dieser Formel die Ablenkung direkt proportional der Feldstärke  $\mathfrak{H}$ , was nach obiger Feststellung tatsächlich nicht der Fall ist. Diese Fehler finden ihre Begründung in der Vernachlässigung, die bewußt in der Ableitung für die Ablenkformel gemacht wurde. Diese Ableitung soll hier an Hand der schematischen Darstellung in Abb. 4 wiederholt werden, um sie einer neuen genauen Formel gegenüberstellen zu können.

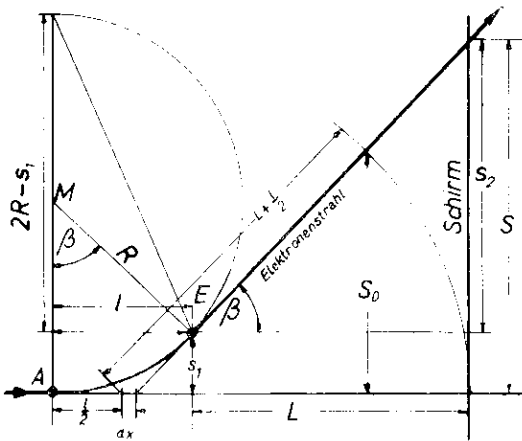


Abb. 4:

Strahlablenkung in einem Magnetfeld der Länge  $l$ .

Danach setzt sich die Ablenkung  $S$  zusammen aus  $s_1$  und  $s_2$ . Aus dem Ansatz  $s_1 : l = l : 2R = s_1$  wird für die Annahme, daß  $2R = s_1$  ist (das ist die Vernachlässigung)

$$s_1 = l^2 / 2R \quad (3)$$

Das ist aber die Formel für eine Parabel mit ihrem Brennpunkt in  $M$  (Abb. 4).

Die Größe  $s_2$  wird aus (3) folgendermaßen abgeleitet:

$$s_2 = L \tan \varphi = L \frac{ds}{dl} = L \frac{l}{R} \quad (4)$$

Aus diesen beiden Größen ergibt sich also unter Verwendung von (1) die Formel (2).

Eine weniger bekannte, aber genauere Formel stammt von P. Deserno (1). Nach ihm ist die Formel (2) für eine Braunsche Röhre gültig, deren Schirmkrümmungshalbmesser die Länge  $L + l/2$  hat. Die Ablenkung hat danach die Größe  $S_D$  in Abb. 4. Für einen ebenen Schirm wird dann  $S_D$  um den Faktor  $1/\cos \varphi$  größer

$$S_D = \frac{S}{\cos \varphi} = \frac{\mathfrak{H}}{v} \cdot \frac{e}{m} l (L + l/2) \frac{1}{\cos \varphi} \quad (5)$$

Es ist hierbei angenommen worden, daß die Tangente im Punkte  $E$  an den Kreis  $R$  die verlängerte, ursprüngliche Strahlachse in der Mitte des Ablenkfeldes schneidet. Das kann man für kleine Ablenkwinkel annehmen, nicht aber bei den hier behandelten starken Ablenkfeldern. Die Werte, die man nach (5) berechnet, ergeben sich als zu groß, da die Entfernung  $L + l/2$  in Wirklichkeit um  $dx$  verkleinert werden muß.

Die Ablenkung  $S$  kann für einen ebenen Schirm genau berechnet werden, wenn für den Wert  $s_1$  nicht die Formel für eine Parabel, siehe (3), sondern die Kreisgleichung eines um  $R$  auf der Ordinate verschobenen Kreises verwendet wird.

Für  $x_0 = 0, y_0 = R, y_x = l = s_1$  ergibt sich

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = R^2$$

(Bogenhöhe eines Kreissegmentes mit Zentriwinkel  $2\varphi$ )

$$s_1 = R \sqrt{R^2 - l^2} = R(1 - \cos \varphi) \quad (6)$$

$$s_2 = L \tan \varphi = L \frac{ds}{dl} = L \frac{l}{R \sqrt{R^2 - l^2}} \quad (7)$$

$$S = s_1 + s_2 = R \sqrt{R^2 - l^2} + L \frac{l}{R \sqrt{R^2 - l^2}} \quad (8)$$

und für  $R$  die Werte aus Formel (1) eingesetzt

$$S = \frac{mv}{e\mathfrak{H}} \sqrt{\left(\frac{mv}{e\mathfrak{H}}\right)^2 - l^2} + L \frac{l}{\left(\frac{mv}{e\mathfrak{H}}\right)^2 - l^2} \quad (9)$$

$k\mathfrak{H}$	$R$	$K' \cdot \mathfrak{H}$	$S_{mem}$	$\Delta(S_{mem})$	$\Delta S_{üem}$	$\Delta(S_{üem} - S_{mem})$	$\varphi$ e
6	6,0	7,70	1,55	1,65	21,4	30°	
5	7,2	6,15	1,40	0,70	10,2	24,5°	
4	9,5	4,75	1,25	0,35	7,4	19,0°	
3	12,0	3,50	1,23	0,04	1,2	14,5°	
2	18,0	2,27	1,21	0,01	0,5	9,5°	
1	36,0	1,06		0,005	0,2	4,6°	

(int. pol.)

Zahlentafel für die in Abb. 3 gezeigten Rasterformen.

$\varphi$  e Ablenkwinkel des Einzelfeldes.

$K$  u.  $K'$  sind Konstanten.

Es wurden einige Werte der in Abb. 3 auf zeichnerischem Wege gefundenen Ablenkung mit den sich aus der Formel (8) ergebenden verglichen und Uebereinstimmung festgestellt.

### Hintereinanderliegende Ablenkfelder.

Etwas unübersichtlicher werden die Verhältnisse, wenn, wie es in Abb. 5 dargestellt ist, die Ablenkfelder hintereinander liegen. Für die folgenden Überlegungen wird wieder angenommen, daß die Ablenkfelder homogen sind und nicht ineingreifen.

Der Elektronenstrahl erfährt dann im 1. Feld  $\mathfrak{H}_b$  eine Ablenkung  $s_1$  gemäß Formel (6), tritt bei  $E$  unter dem Winkel  $\varphi_b$  in das 2. Feld  $\mathfrak{H}$  ein, läuft auf einer Schraubenlinie bis zum Punkte  $F$  und von da an im feldfreien Raume gradlinig weiter. Der

Abstand  $EF = s_2$  ist abhängig von der Länge der Schraubenlinie, wie es in Formel (10) zum Ausdruck kommt.

$$s_2 = \operatorname{tg} \beta_b \cdot l_2' = \operatorname{tg} \beta_b \cdot R_2' \cdot \operatorname{arc} \sin \frac{l_2}{R_2'} \quad (10)$$

$$R_2' = R_2 \cos \beta_b$$

Die Ablenkung im feldfreien Raume berechnet sich dann zu

$$s_3 = \operatorname{tg} \beta_b \frac{l_3}{\cos \beta_b} \quad (11)$$

so daß sich eine Gesamtablenkung ergibt

$$S_b = s_1 + s_2 + s_3 \quad (12)$$

$$R_b (1 - \cos \beta_b) + \operatorname{tg} \beta_b \left[ \left( R_2 \cos \beta_b \cdot \operatorname{arc} \sin \frac{l_2}{R_2 \cos \beta_b} \right) + \frac{l_3}{\cos \beta_b} \right]$$

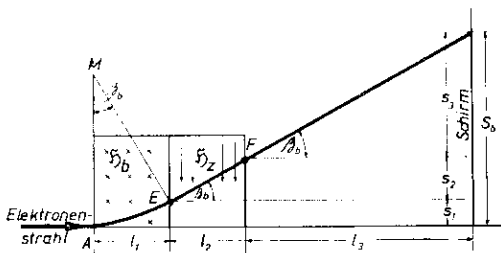


Abb. 5: Strahlablenkung durch zwei hintereinanderliegende gleichlange Magnetfelder.

Auf Ersetzen der  $\cos$ - und  $\operatorname{tg}$ -Werte durch  $L$  und  $R$  wird hier verzichtet. Setzt man nach obiger Art beide Ablenkmfelder gleichstark und gleichlang voraus, so daß jedes für sich den Elektronenstrahl um  $30^\circ$  ablenken würde, nimmt man weiterhin das Verhältnis  $L l_1 = 4$  für das kathodennahe Magnetfeld, und  $L l_2 = 3$  für das schirmnahe Feld an, so errechnet sich aus der Formel (12) eine Ueberhöhung von  $\Delta S_{\text{ü Sm}} = 11\%$ .

Die Ablenkung durch das 2. Feld  $\mathfrak{H}_2$  kann mit Hilfe der Formeln (8) bzw. (9) berechnet werden. Man muß nur berücksichtigen, daß die Elektronengeschwindigkeit senkrecht zum Ablenkmfeld um den Faktor  $\cos \beta_b$  kleiner ist, d. h. bei einer Vorablenkung des Strahles durch  $\mathfrak{H}_1$  um  $\beta = 30^\circ$  wird die Ablenkung  $S_2$  größer als ohne Vorablenkung,  $\beta_b = 0$ . Dies wurde bereits in Formel (10) für den Wert  $R_2'$  berücksichtigt.

$$S_2 = R_2 \cos \beta_b \left[ R_2' \cos^2 \beta_b \cdot l_2'^2 + \left( R_2' \cos^2 \beta_b \cdot l_2' \right) \right] \quad (13)$$

Für das soeben festgelegte Verhältnis  $L l_2 = 3$  ergibt sich nach dieser Formel eine prozentuale Ueberhöhung von  $\Delta S_{\text{ü Sm}} = 15,6\%$ . Das Gesamtraster ist also bei hintereinanderliegenden Feldern ungleichmäßig, kissenförmig verzerrt. Die Ueberhöhung bei Ablenkung durch das kathodennahe Feld ist geringer als bei Ablenkung durch das schirmnahe. Insgesamt ist die kissenförmige Ver-

zerrung bei hintereinanderliegenden Feldern trotz gleichen Ablenkwinkels geringer, als wenn die Felder in gleicher Höhe liegen.

Der Grenzfall, daß der Strahl das Magnetfeld gerade nicht mehr verläßt, ergibt auch hier aus dem Ansatz  $R_2' = l_2$  d. h.  $R_2 \cos \beta_b = l_2$  oder

$$\cos \beta_b = \frac{l_2}{R_2} = \sin \beta_2 \quad (14)$$

einen Maximalwinkel von  $\beta_b = \beta_2 = 45^\circ$ .

### Ablenksysteme in der Praxis.

In der Praxis sind die Rasterformen nicht so sehr verzerrt, wie man auf Grund der vorliegenden Ueberlegungen erwarten müßte. Es hilft dabei die Tatsache, daß man mit den verschiedenen Ablenksystemen nicht so ideal begrenzte Ablenkmfelder erzeugen kann. Durch geschickte Ausbildung der Hauptfelder oder / und durch Zuhilfenahme von Stirnfeldern ist es sogar möglich, verzerrungsfreie Raster zu erzeugen, wobei der Röhrenbauer allerdings eine Forderung erfüllen muß, nämlich den Elektronenstrahldurchmesser im Ablenkmfeld so klein wie nur möglich zu halten (1) (2), so sonst starke Fleckverzerrungen in den Randgebieten auftreten.

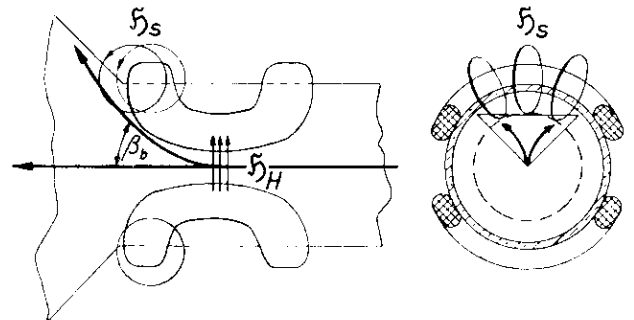
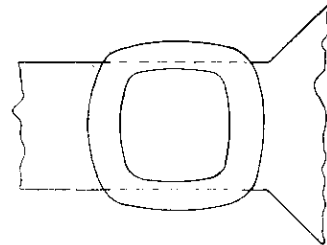


Abb. 6: Luftablenkspulen mit ihren Stirnfeldern.

Aus den vielen Ablenksystemen zur magnetischen Strahlablenkung sollen hier zwei herausgegriffen und die zunächst unerwarteten Rasterformen besprochen werden. Als erstes und ursprüngliches System ist die Luftablenkspule zu nennen, die, wie aus den Abb. 6a--c zu sehen ist, in ihrer bekannten Art direkt auf dem Halse der Braunschen Röhre aufliegt bzw. auf einem Isolierkörper bei sehr hohen Anodenspannungen für die Braunsche Röhre. Der große Ablenkungswinkel, der heute verlangt wird, bringt es leider mit sich, daß die Spulenlänge bei gleichem Halsdurchmesser der Braunschen Röhre kürzer werden muß, damit der

abgelenkte Strahl nicht am Halsinnern anstößt und somit Teile des Rasters ausgeblendet werden. Um nun z. B. bei Zeilenfrequenz wieder auf die erstrebte maximale Ablenkinduktivität von etwa 0,2 Hy (gegeben durch die Eigenschwingung der Ablenkspule während der vorgeschriebenen Rücklaufzeit) zu kommen, muß man die Windungszahl erhöhen. Bei Beachtung der Zeitkonstante des Ablenkkreises muß auch der Querschnitt der Spule größer werden. Die Praxis ergibt, daß die Spule nicht mehr scharfkantig gebogen werden kann, also eine Spulenform entsteht, wie sie in Abb. 6 gezeigt wird. Bei dieser Spulenform ist das Hauptfeld in der Mitte in Richtung des unabgelenkten Strahles länger als an den Seiten. Durch ein solches Feld wird, wie bereits Deserno (1) erwähnte, die Proportionalität zwischen Ablenkung und Ablenkkfeld verbessert. Durch Verkürzung der Spule und Erhöhung der Windungszahl hat gleichzeitig die Stärke des Stirnfeldes  $\mathfrak{H}_s$  gegenüber dem Hauptablenkkfeld  $\mathfrak{H}_H$  zugenommen, was für eine Rasterverzerrung günstig sein kann, wie gleich gezeigt werden soll. Wird nämlich der Elektronenstrahl durch das 2. Ablenkkfeld in diese Randgebiete gehoben, wie es die Abb. 6b und 6c zeigen, so schwächen die Stirnfelder, da sie gegenläufig zum Hauptfeld sind, die Ablenkung des gehobenen Strahles gegenüber dem nicht gehobenen Strahl überhaupt. Dies würde für sich allein eine tonnenförmige Verzeichnung der Rasterseiten bewirken. Gleichzeitig aber schwächen die Stirnfelder die Ablenkung des gehobenen Strahles an den Seiten mehr als in der Mitte, was wiederum günstig ist für die Proportionalität zwischen Ablenkung und Ablenkkfeld, die ja nach dem oben Gesagten bei homogenem Felde nicht vorhanden ist.

Verwendet man für die Ablenkung in der 2. Richtung ebenfalls Luftspulen, so wird der Ausgleich zwischen der geometrisch bedingten Kissenform und der durch die Stirnfelder entstehenden Tonnenform nicht mehr so gut sein, da die Stirnleiter der Außenspule weiter von dem Strahl entfernt sind.

Das zweite zu besprechende System ist das Eisenjoch, das in vielfacher Gestalt als geschlossenes

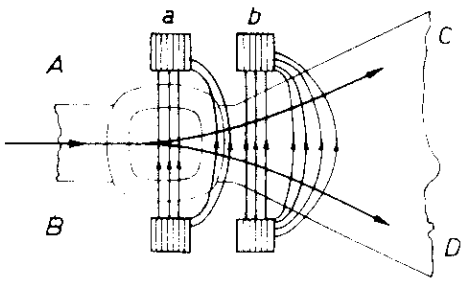


Abb. 7: Verlauf des Elektronenstrahles durch die Stirnfelder eines Eisenjoches in Abhängigkeit von dessen Lage zum Vorablenksystem.

oder offenes U-Joch, mit oder ohne Polschuhe Verwendung findet. Bei ihm ist die Wirkung der Stirn-

felder in manchen Fällen so stark, daß eine Ueberkompensation, also trotz ebenen Schirmes eine tonnenförmige Verzeichnung eintritt.

Die Wirkung der Stirnfelder wird in Abb. 7 und Abb. 8 erklärt. In Abb. 7 sind z. B. zur Strahlablenkung in der Zeichenebene Luftablenkspulen vorgesehen. Das Magnetfeld, das den Strahl senkrecht zur Zeichenebene ablenkt, soll von einem offenen Eisenjoch erzeugt werden, dessen Schenkel im Schnitt gezeichnet sind. Zwei Lagen a und b des Eisenjoches gegenüber dem Luftspulenpaar sind hervorgehoben. Es ist zu erkennen, daß der Elektronenstrahl bei der Lage b des Eisenjoches durch die Vorablenkung stärker gekrümmte Gebiete des Jochstirnfeldes durchläuft als in der Lage a. Wird nun der Elektronenstrahl durch das Magnetfeld des Eisenjoches aus der Zeichenebene ABCD herausgehoben, so wird er, wie in Abb. 8a schematisch gezeigt ist, bei Vorablenkung durch ein Wechselfeld etwa in der Ebene ABCD' hin und her pendeln. Die gekrümmten Stirnfeldlinien des Joches verlaufen in den Ebenen, die parallel zu ABCD liegen. Eine

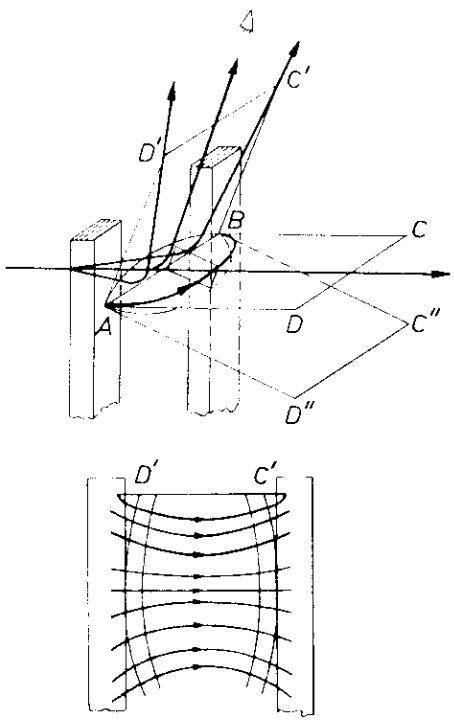


Abb. 8: Feldlinienverlauf in zum abgelenkten Strahl senkrechten Ebenen.

solche Stirnfeldlinie ist in der Ebene ABCD besonders hervorgehoben gezeichnet. Die Feldlinien in einer zum abgelenkten Strahl senkrechten Ebene ABCD' haben dann den in Abb. 8b im oberen Teil wiedergegebenen Verlauf. Wird der Strahl durch das Eisenjochfeld nach unten abgelenkt, so ergibt sich der untere Teil der Abb. 8b. Da die Ablenkung des Elektronenstrahles senkrecht zu den Feldlinien erfolgt, tritt somit zwangsläufig eine tonnenförmige Verzeichnung der Rasterseiten auf, die weniger

stark ist, wenn sich das Eisenjoch z. B. in der Lage  $\alpha$  in Abb. 7 befindet. Ist es durch den mechanischen Aufbau oder z. B. zur Vermeidung einer Strahlablenkung im Hals nicht möglich, die Lage des Joches zu dem Kathoden-Ablenkensystem beliebig einzustellen, so wird die Tonnenform an den zu den Jochschenkeln parallelen Rasterseiten überwiegen.

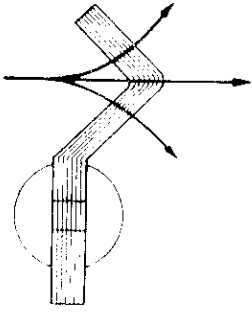


Abb. 9.

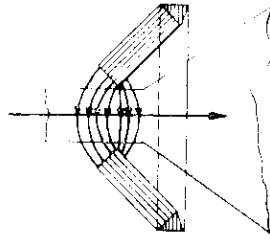


Abb. 10.

Bildjoch zum Ausgleich der Bildfeldverzerrung.

Gerade diese Rasterseiten werden auch durch die bei den Luftspulen auftretenden Stirnfelder tonnenförmig verzerrt. In Erkenntnis der Ursache kann man dem Joch eine solche Form geben, daß der abgelenkte Strahl beim Durchgang durch die gekrümmten Stirnfelder deren Ebenen möglichst wenig

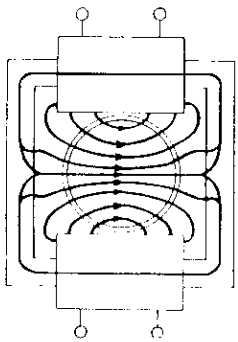


Abb. 11.

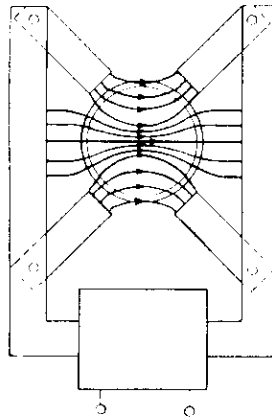


Abb. 12.

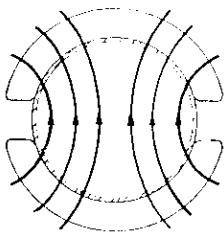


Abb. 13.

Abb. 11--13: Anordnungen zur Beeinflussung der Ablenkfelder senkrecht zur Strahlachse.

schneidet. In Abb. 9 ist eine solche Jochform in der Seitenansicht dargestellt. Es sei noch erwähnt, daß die sich in Richtung zur Kathode der Braunschen

Röhre erstreckenden Stirnfelder des Joches keine Kissenform hervorrufen, da der Strahl dort in dem noch wenig gekrümmten, mittleren Gebiet verläuft. Es ist aber durchaus möglich, nachdem mit der in Abb. 9 gezeigten Jochform die Wirkung der gekrümmten Feldlinien vermieden wird, durch andersartige Formgebung des Joches das Hauptfeld bereits konvex zur Kathode der Braunschen Röhre zu krümmen, um im Mittel einen ungekrümmten Feldverlauf zu haben, wie es etwa mit dem in Abb. 10 gezeigten Joch erreicht wird.

Ein Rückblick auf die theoretische Ableitung der Rasterverzerrung bei hintereinanderliegenden Feldern zeigt, daß auf die durch die Stirnfelder der beiden Ablenkensysteme überkompensierten Rasterseiten auch noch theoretisch die kleinere kissenförmige Verzeichnung fällt.

Wie die tonnenförmige Verzerrung der senkrechten Rasterseiten bei Verwendung von Luftspulen für die waagerechte Ablenkung und einem Eisenjoch

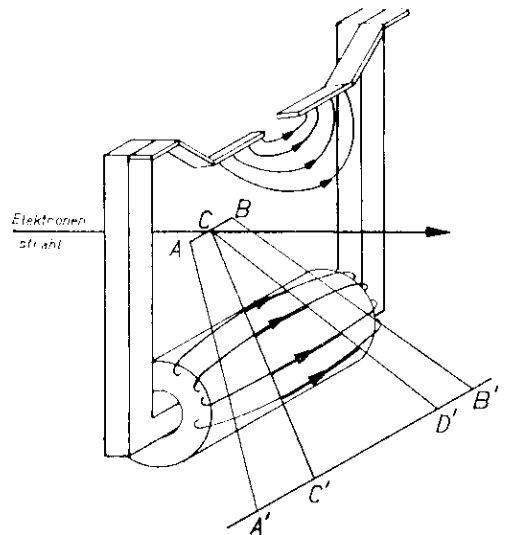


Abb. 14: Anordnung zur Beeinflussung der Ablenkfelder längs der Strahlachse.

für die senkrechte Ablenkung vermieden werden kann, wurde soeben gezeigt. Es ist nun die Frage, wie der waagerechte Fehler beseitigt wird. Dies kann grundsätzlich auf zwei Arten erfolgen. Es muß entweder das die senkrechte Ablenkung bewirkende Feld in der Mitte verstärkt, bzw. in den Ecken geschwächt, oder dem die waagerechte Ablenkung bewirkendem Felde ein solcher Verlauf gegeben werden, daß durch die Ablenkung „senkrecht zu den Feldlinien“ der Verzerrungsausgleich eintritt. Die Anordnungen, die für die erste Art der Entzerrung in Abb. 11 und 12, für die zweite Art in Abb. 13 als Beispiele angegeben sind, haben jedoch den Nachteil, daß durch die Verzerrung des Hauptfeldes auch ein Einfluß auf die bereits entzerrten Rasterseiten ausgeübt wird. Es ist zwar in Abb. 11 das mittlere Feld stärker als an den Seiten, dafür ist aber der Feldlinienverlauf ein solcher, daß auch die Seiten tonnenförmig werden. Dieser Fehler wird vermie-

den, wenn zur verstärkten Ablenkung in der Rastermitte ein in Röhrenachsenrichtung verlängertes mittleres Feld erzeugt werden kann.

Dies geschieht z. B. durch das Streufeld der auf dem Jochkern angebrachten Spule, wie in Abb. 14 zu erkennen ist. Der Strahl verläuft bei Vorablenkung durch ein Wechselfeld und bei konstantem Eisenjochfeld in der Ebene  $AA'BB'$ . Die Streufeldlinien der Spule, die sich in Achsenrichtung erstrecken, ragen, wie die Zeichnung zeigt, nur zwischen  $CC'D'$  in die Ablenkspule hinein, verstärken also nur dort das Feld. Ein Joch (siehe Abb. 3 im Aufsatz von Mulert und Bähring im gleichen Heft), das nach diesem und dem in Abb. 12 gezeigten Prinzip arbeitet, wird im Kleinempfänger DE 7 verwendet.

Eine gleiche Wirkung haben die Korrekturbleche, die an den Enden der Jochschenkel in Abb. 14 angebracht sind.

In Abb. 11 ist eine Möglichkeit angegeben, das Raster auf allen vier Seiten tonnenförmig zu verzerren. Werden nun die Spulen für die andere Ab-

lenkrichtung auf den zwei noch freien sich gegenüberliegenden Schenkeln angebracht, so würden auch deren Streufelder in Richtung der Tonnenform wirken. Eine unsymmetrische Verzerrung ist in dieser Anordnung kaum zu erwarten. Sie stellt also eine elegante Lösung für die Rasterentzerrung dar.

### Zusammenfassung.

Abschließend kann man feststellen, daß die bei doppel magnetischer Ablenkung für einen ebenen Schirm theoretisch nachgewiesenen kissenförmigen Rasterverzeichnungen durch entsprechende Formgebung des Ablenkkfeldes, sowohl senkrecht zur Achse des unabgelenkten Strahles als auch in Richtung des Strahles, durch Stirnfelder ausgeglichen werden können, wobei allerdings die Forderung nach einem möglichst dünnen Elektronenstrahl im Ablenkfeld noch einmal hervorgehoben werden muß.

### Schrifttum.

- (1) P. Deserno, Arch. Elektrotechn. 29. 1935. 139 ff.
- (2) E. Schwartz, Z. techn. Phys. 11. 1938. 455 ff.

# Über die elektrostatische Ablenkung in Kathodenstrahlröhren mit nicht ebenen Ablenkplatten.

Von Werner Flechsig.

Inhalt: Berechnungsverfahren für verschiedene elektrostatische Ablenkssysteme, insbesondere mit gekrümmten Platten zur Erzielung maximaler Empfindlichkeit.

In älteren Braunschen (1) Röhren, wie sie seit Jahrzehnten für oszillographische Zwecke bekannt sind, wurde die elektrostatische Ablenkung stets mit zwei parallelstehenden Platten vorgenommen. Bei den zunächst üblichen kleinen Leuchtschirmen und nicht eingeeengten Röhrenlängen waren die maximalen Auslenkwinkel klein. Zudem waren die Anforderungen an Ablenkempfindlichkeit  $\frac{dx}{dU}$ , „Ablenkwinkel bei einer Plattenspannung  $U$ “, noch gering. Es lag kein Grund vor, von der naheliegenden Parallelstellung der Ablenkplatten abzugehen. Erst in jüngerer Zeit, nachdem die Nützlichkeit einer guten Braunschen Röhre in weiterem Umfange erkannt und der Kathodenstrahloszillograph zum Teil unter dem Einfluß der Fernsehentwicklung ein technisches Gerät geworden ist, finden sich häufiger andere Anordnungen.

Untersuchungen sehr schneller Vorgänge erforderten hohe Strahlgeschwindigkeiten und damit hohe Anodenspannungen, wodurch auch die Ablenkspannungen unerwünscht hohe Werte annahmen (2). Mit

der technischen Entwicklung setzte das Streben nach geringen Röhrenlängen ein, um handliche Geräte zu erhalten. Gleichzeitig sollte die Ablenkempfindlichkeit möglichst groß sein, wobei der Anodenspannung wiederum durch die Anforderung an die Fleckhelligkeit eine untere Grenze gesetzt war (3). Beim Fernsehen machte sich außerdem der Wunsch nach größeren Bildern, d. h. also größeren Leuchtschirmen, bemerkbar. Diese Bestrebungen

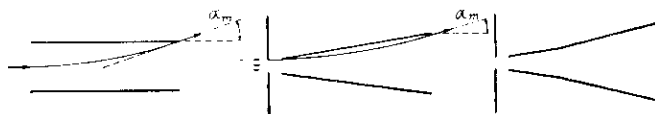


Abb. 1.

bedeuteten zusammen möglichst große Ablenkempfindlichkeit bei größerer maximaler Auslenkung. Gegenüber diesen Forderungen erweist sich aber die Parallelstellung der Ablenkplatten als ungünstig, da die Empfindlichkeit proportional der



Plattenlänge und reziprok zum Plattenabstand ist, während der maximal mögliche Auslenkwinkel, der durch das Anstreifen des Strahles an die Plattenkanten der Strahlaustrittsseite gegeben ist, sich genau umgekehrt verhält (Abb. 1 a).

Bei vorgeschriebener Plattenlänge verlangt eine große Empfindlichkeit möglichst kleine Plattenabstände. Einen Fortschritt ergab daher der Vorschlag, die Platten schräg zu stellen, wie in Abb. 1 b dargestellt (2), wobei dem Plattenabstand an der Strahleinfallseite durch den Strahldurchmesser (der etwa einer kurz vorherliegenden Blendenöffnung entspricht) eine untere Grenze gezogen ist, an der Strahlaustrittsseite durch die gewünschte Maximalauslenkung  $\alpha_m$ . Darüber hinaus wurden Ablenkplatten benutzt, denen man noch eine oder mehrere Einknickungen gab, wie in Abb. 1 c dargestellt. Ersichtlich die größte überhaupt mögliche Empfindlichkeit erhält man bei Anwendung gekrümmter Platten, indem man den Abstand der jeweils gegenüberliegenden Elemente der beiden gekrümmten Flächen so klein wählt, wie ohne Anstreifen des Strahles möglich ist. Das bedeutet aber, daß man die Flächen parallel zu der Bahn des Strahles bei seiner maximalen Auslenkung verlaufen läßt (2).

Im Folgenden soll unter gewisser Vereinfachung ein Berechnungsverfahren für diese Plattenform angegeben und an einem Beispiel gezeigt werden, wie groß der Gewinn an Empfindlichkeit gegenüber ebenen oder geeignet geknickten Platten ausfällt.

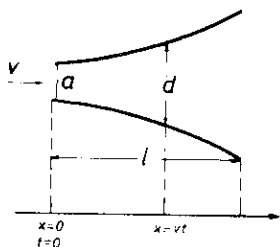


Abb. 2.

Die Vereinfachung des Rechnungsansatzes besteht darin, daß erstens, wie es auch bei den Rechnungen für andere Plattenanordnungen üblich ist, auf eine

$$c_1 x + c_2 \int e^{\frac{2V}{U} z^2} dz = \frac{U}{2V} \int e^{\frac{2V}{U} z^2} \cdot d \left( \left| \frac{2V}{U} \cdot z \right| \right) = \frac{U}{2V} \int_0^{\frac{2V}{U} z^2} e^{u^2} \cdot du \quad (2)$$

Die Randbedingungen sind für  $x = 0$ :

$$d = a, \frac{dy}{dx} = 0, \text{ also } c_2 = 0; \quad (3)$$

$$\text{für } x = l \quad z = l \alpha_m \quad (4)$$

wo mit  $\alpha_m$  der maximale Ablenkwinkel bezeichnet ist. Mithin bleibi:

$$c_1 \left| \frac{2V}{U} \cdot x \right| = c_2 \int_0^{\frac{2V}{U} z^2} e^{u^2} \cdot du \quad (5)$$

Berücksichtigung der für jede Röhrenkonstruktion verschiedenen Randfelder verzichtet wird und zweitens die vollkommene Darstellung des Potentialfeldes mittels der Laplaceschen Gleichung durch die einfache Näherung ersetzt wird, daß die auf das bewegte Elektron wirkende Feldstärke senkrecht zur Eintrittsrichtung und zur Symmetrieebene der Platten ist und durch den Quotienten  $\frac{U}{d}$  gegeben ist, wo  $d$  der an der Stelle der jeweiligen Bahnabszisse vorhandene gegenseitige Abstand der Ablenkplatten ist (Abb. 2). Die maximale Auslenkung sei nach beiden Seiten gleich.

Es gelten folgende Bezeichnungen (siehe auch Abb. 2):  $x, y$  Bahnkoordinaten,  $t$  Zeit,  $a$  Plattenabstand an der Strahleintrittsseite,  $d$  variabler Plattenabstand an der Abszissenstelle  $x$ ,  $l$  Plattenlänge nach Abb. 2,  $e$  und  $m$  Ladung und Masse des Elektrons,  $U$  Potentialdifferenz zwischen beiden Platten bei maximaler Strahlauslenkung,  $v$  Eintrittsgeschwindigkeit des Elektrons,  $V$  das dieser entsprechende ( $eV = \frac{1}{2}mv^2$ ) Anodenpotential.

Es ist dann:

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} = m v^2 \frac{d^2 y}{dx^2} = 2eV \frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{eU}{d} \quad (1)$$

Die Parallelität von Bahn- und Plattenkurve wollen wir durch  $d = a + 2y$  zum Ausdruck bringen, also:

$$\frac{d(d)}{dx} = \frac{2 dy}{dx} = \frac{U}{2V} \frac{d^2 y}{dx^2}$$

Mit der neuen Variablen  $z = \frac{dy}{dx}$  ergibt sich die Differentialgleichung:

$$\frac{4V}{U} \cdot z \cdot \left( \frac{dz}{dx} \right)^2 = \frac{d^2 z}{dx^2}$$

Da  $z'' = f(z) z'^2$  die Lösung:

$$c_1 x + c_2 \int e^{\int f(z) dz} \cdot dz$$

hat, folgt hier:

$$c \frac{dz}{dx} = \frac{d}{dz} \int_0^{\frac{2V}{U} z^2} e^{u^2} du = e^{\frac{2V}{U} z^2} \cdot \left| \frac{2V}{U} \right|$$

$$\frac{dz}{dx} = c \left| \frac{U}{2V} \cdot e^{\frac{2V}{U} z^2} \right| = \frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{U}{2Vd} \quad (6)$$

letzteres nach (1), woraus nach (3)

$$e \left[ \frac{U}{2V} - \frac{U}{2Va} \right] e^{-\frac{1}{a} \left[ \frac{U}{2V} \right]} \quad (7)$$

folgt.

Als Grundlage der praktischen Rechnung dient folgende Zusammenstellung aus (4) (5) (6) (7) unter Benutzung der Abkürzung  $W$

$$I. \quad W = \int_0^z \frac{2V}{U} e^{-\frac{u}{a}} du$$

$$II. \quad x = \frac{a}{W} \int_0^z e^{-\frac{u}{a}} du$$

$$IIa. \quad x = \frac{a}{z} (Wz)^2 \left( 1 - \frac{(Wz)^2}{3} + \frac{(Wz)^4}{10} - \frac{(Wz)^6}{42} + \frac{(Wz)^8}{216} - \frac{(Wz)^{10}}{1320} + \frac{(Wz)^{12}}{9360} - \frac{(Wz)^{14}}{75600} + \frac{(Wz)^{16}}{685440} - \dots \right)$$

Aus dem geforderten Maximalablenkwinkel  $\alpha_m$  den gegebenen Werten von Plattenlänge  $l$  und Ein-

$$III. \quad d = a e^{-Wz}$$

mit der Zusatzbedingung

$$IV. \quad \text{für } x = l \quad z = \text{tg } \alpha_m$$

Zur Rechnung empfiehlt sich eine Reihenentwicklung von II:

$$\frac{x}{aW} = \int_0^z \left( 1 - \frac{u^2}{1!} + \frac{u^4}{2!} - \frac{u^6}{3!} + \dots \right) du$$

gangsabstand  $a$  errechnet man zunächst  $W \cdot \text{tg } \alpha_m$  nach II bzw. IIa und IV aus:

$$\frac{l \text{tg } \alpha_m}{a} = (W \cdot \text{tg } \alpha_m)^2 \left( 1 - \frac{(W \cdot \text{tg } \alpha_m)^2}{3} + \frac{(W \cdot \text{tg } \alpha_m)^4}{10} - \frac{(W \cdot \text{tg } \alpha_m)^6}{42} + \dots \right)$$

durch Annähern mit eingesetzten Werten. Dann besitzt man durch I sofort das Verhältnis

$$\frac{U}{V} = \frac{\text{Ablenkspannung für den Winkel } \alpha_m}{\text{Anodenspannung}}$$

damit also die Ablenkempfindlichkeit. III ergibt als nächsten Wert den größten Plattenabstand  $d_{max}$  an der Strahlaustrittseite, wenn man  $z = \text{tg } \alpha_m$  setzt. Nun wählt man zweckmäßig für  $\frac{d}{a}$  willkürliche Werte zwischen 1 und  $\frac{d_{max}}{a}$ , etwa 1,5, 2, 3, 4, 6, 8, 12, 16, berechnet aus III  $W \cdot z$  und die zu diesen Werten gehörenden Bahntangenten  $z$ , die gleichzeitig Tangenten für die Ablenkplatten sind. Schließlich stellt man an Hand von IIa den zugehörigen  $x$ -Wert fest.

Zu beachten ist, daß  $W \cdot z$  und damit nach IIa auch  $\frac{x}{a}$  nur von  $\frac{d}{a}$  abhängen, sich also für verschiedene Werte von  $\frac{d}{a}$  von vornherein tabellarisch festlegen lassen. Man erhält so:

Tabelle 1 (Rechenschiebergengenauigkeit).

$\frac{d}{a}$	1	1,5	2	3	4	6	8	12	16
$Wz = 0$		0,637	0,833	1,049	1,179	1,34	1,443	1,576	1,665
$xz = 0$		0,467	0,893	1,68	2,41	3,81	5,13	7,67	10,15

Zum Vergleich soll jetzt der gleiche Rechnungsansatz für schräggestellte ebene Platten durchgeführt werden (Abb. 3). Es ist mit den gleichen Bezeichnungen:

$$\frac{dx}{dt} = v; 2eV \frac{d^2y}{dx^2} = eV \frac{d^2y}{dx^2} \quad \frac{eU}{d} = \frac{eU}{a - bx} \frac{d^2y}{dx^2} = \frac{1}{2V} \frac{1}{a - bx} \frac{d^2y}{dx^2}$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{U}{2V} \int \frac{dx}{a - bx} = \frac{U}{2bV} \left[ \ln(a - bx) - c_1 \right] = \frac{U}{2bV} \ln \frac{a - bx}{a} \quad (8)$$

wenn  $\frac{dy}{dx} = 0$  für  $x = 0$  ist.

$$y = \frac{U}{2bV} \left( \int \ln(a - bx) dx - c_1 x + c_2 \right) = \frac{U}{2bV} \left[ (a - bx) \left( \ln \frac{a - bx}{b} - 1 \right) - c_1 x + c_2 \right]$$

wenn außerdem  $y = 0$  für  $x = 0$

$$y = \frac{U}{2b^2V} \left[ (a - bx) \left( \ln \frac{a - bx}{a} - 1 \right) - a \right] \quad (9)$$

Für den Strahlaustrittswinkel gilt nun:

$$V. \quad \text{tg } \alpha_m = \left( \frac{dy}{dx} \right)_{x=l} = \frac{U}{2bV} \ln \left( \frac{A}{a} \right) \quad (10)$$

Soll der Strahl beim Austritt gerade die Platte streifen, so folgt aus (9)

$$y_{x=l} = \frac{A - a}{2} = \frac{U}{2b^2V} \left[ A \ln \left( \frac{A}{a} \right) - (A - a) \right] \quad (11)$$

Durch Zusammenziehen von (10) und (11) erhält man

$$VI. \quad \frac{A - a}{2l \text{tg } \alpha_m} = \frac{A}{A - a} - \frac{1}{\ln \left( \frac{A}{a} \right)}$$

woraus sich  $A$  bei gegebenem  $l, a$  und  $\text{tg } \alpha_m$  errechnen läßt.

Formel V läßt sich leicht auf mehrfach geknickte Platten verallgemeinern, da, wie aus dem obigen Ansatz zu ersehen ist, bei von null verschiedenem Eintrittswinkel die Tangenten der Eintrittswinkel sich jeweils einfach addieren. Man erhält so (Abb. 4):

$$VII. \quad \lg z = \frac{U}{2V} \left( \ln \frac{a}{b_1} + \ln \frac{a^2}{b_2} + \ln \frac{a^3}{b_3} + \dots \right)$$

mit  $b_1 = \frac{a_1}{l}; a_1 = a; b_2 = \frac{a_2}{l_1}; a_2 = a; b_3 = \frac{a_3}{l_2}; a_3 = a; \dots$

Es soll nun an einem Beispiel gezeigt werden, wie groß der Gewinn an Empfindlichkeit ist, wenn statt schräggestellter ebener Platten gekrümmte Platten gleicher Länge Verwendung finden. Danach sollen den gekrümmten Platten einmal eingeknickte angenähert werden.

Statt von einer vorgegebenen Plattenlänge  $l$  auszugehen, soll in diesem Falle außer dem maximalen Ablenkwinkel  $\varphi_m = 20^\circ$ , also  $\lg \varphi_m = 0,364$ , und dem kleinsten Plattenabstand  $a = 1$  mm der

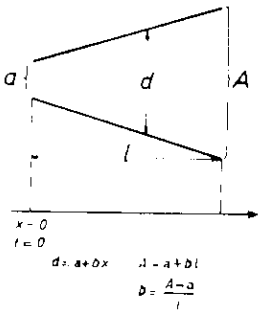


Abb. 3.

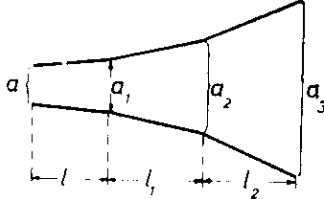


Abb. 4.

größte Plattenabstand mit  $d_{max} = 16$  mm gegeben sein. Aus der Tabelle 1 ergibt sich dann sofort  $l = 27,9$  mm,  $W = 4,57$  und mit I:

$$\frac{2V}{U} = 20,9 \quad t = 0,096 \cdot I.$$

Man erhält aus Tabelle 1 weiter folgende Werte:

Tabelle 2

$x$	0	3,36	4,90	7,33	9,38	13,05	16,03	22,3	27,9	mm
$d$	1	1,5	2	3	4	6	8	12	16	"
$z = \lg z$	0	0,139	0,182	0,229	0,257	0,292	0,315	0,341	0,364	"

Abb. 5 gibt die zugehörige bildliche Darstellung.

Rechnet man für das gleiche  $l, a$  und  $\varphi_{max}$  nach VI, so erhält man  $A = 15,3$  mm als kleinstmöglichen A-Wert und hieraus nach V:

$$t = 0,137 \cdot I,$$

d. h. man gewinnt im vorliegenden Fall durch die Plattenkrümmung noch 43% an Empfindlichkeit gegenüber den schräggestellten ebenen Platten\*). Wählt man schließlich die in Abb. 5 angedeutete Platteneinknickung, so ergibt VII aus den Werten:

$$\begin{array}{l} x \quad 0 \quad 7 \quad 27,9 \text{ mm} \\ d \quad 1 \quad 2,8 \quad 16 \text{ mm} \end{array} \quad t = 0,108 \cdot I.$$

Auch dies stellt schon eine beträchtliche Verbesserung (27%) gegenüber den ebenen Platten dar. Das dargelegte Rechenverfahren gestattet ohne weiteres,

\*) Für parallele Platten würde im Falle dieses Beispiels  $U = 0,291$  V gelten ( $a = 11,15$  mm). Der Gewinn allein durch Schrägstellung hat den erheblichen Betrag von 112%.

die Annäherung an die maximal möglichen Werte noch weiter zu treiben durch Wahl mehrerer Einknickstellen an Hand der Kurve in Abb. 5.

Wenn auch die elektrostatische Ablenkung im Fernsehen aus Gründen der Fleckschärfe heute gegenüber der magnetischen Ablenkung stark in den Hintergrund getreten ist, so gibt es doch eine Reihe von Fällen, sei es beim Kathodenstrahloszillographen,

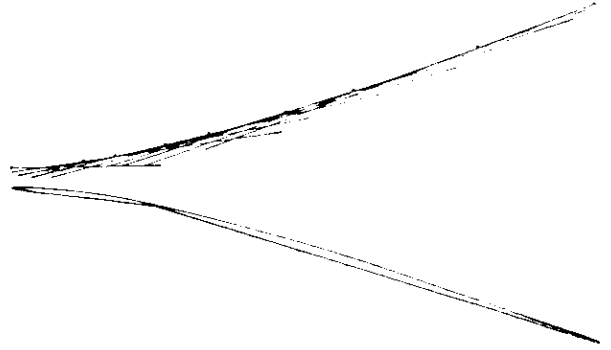


Abb. 5:

Gekrümmte Ablenkplatten für maximale Empfindlichkeit, für folgende Bedingungen berechnet:

- „Plattenlänge“  $l = 27,9$  mm
- kleinster Plattenabstand  $a = 1$  mm
- Maximalauslenkung  $\varphi_m = \pm 20^\circ$

Im unteren Teil ist eine Annäherung durch eine einfach geknickte Platte angedeutet.

sei es auf der Sendeseite beim Fernsehen, wo mit Strahlen sehr kleinen Durchmessers gearbeitet wird, in denen die angegebene Rechnung eine zweckmäßige Verbesserung darstellt, die sich praktisch ohne jede Mühe ausführen läßt.

### Zusammenfassung.

Die im Vorstehenden mit römischen Ziffern bezeichneten Gleichungen sowie Tabelle 1 liefern die Grundlage für die Berechnung elektrostatischer Ablenkensysteme für 1. gekrümmte Platten (maximal erreichbare Ablenkempfindlichkeit), 2. geknickte Platten (Annäherung an den Fall 1) und 3. schräggestellte Platten bei einer geforderten Maximalauslenkung und einer vorgegebenen Plattenlänge.

An einem Beispiel wird die Anwendung der Formeln gezeigt. Die auftretenden Unterschiede in der Empfindlichkeit werden verglichen. Es ergibt sich in dem angeführten Beispiel (Abb. 5), daß die Empfindlichkeit bei gekrümmten Platten 43% höher ist als bei ebenen Platten.

### Schrifttum.

- (1) Wied. Ann. 60, 1897, 552.
- (2) D. Gabor. Forsch. Heft Stud. Ges. f. Höchstspannungsanlagen 1, 1927, 16–18.
- (3) Ueber einen Weg der Vergrößerung der Ablenkempfindlichkeit durch Verwendung kleiner Anodenspannung zusammen mit einer Nachbeschleunigung siehe E. Schwartz, Fernseh Hausmitt 1, 1938, 55.

# Die Erzeugung von Zeilensprung-Gleichlaufimpulsen nach dem Hilfssignalverfahren.

Von Johannes Schunack.

**Inhalt:** Es wird eine elektrische Zeilensprungimpuls-Erzeugungsanlage beschrieben, welche die Bildwechsel-, Zeilen- und Einkanalimpulse gemäß der deutschen Fernseh-Norm herstellt und neben einer guten Frequenzkonstanz eine unbedingte Phasenstarrheit der einzelnen Impulse gegeneinander gewährleistet.

## Mechanische und elektrische Taktgeber.

Die Signaleinrichtung einer Fernsehbild-Sendeanlage hat die Aufgabe, die für die Steuerung der Bildzerlegung sowie der empfangsseitigen Bildzusammensetzung erforderlichen elektrischen Impulse zu liefern. Man unterscheidet dabei zwei Verfahren zur Gleichlaufimpulsgebung und Uebertragung, die je nach den vorhandenen Uebertragungsbedingungen verwendet werden:

1. Am Geberort — also im Studio oder am Filmgeber usw. — kann es erwünscht sein, den einzelnen Geräten die Bild- und Zeilengleichlaufimpulse unab-

Amplitudenbereich von 30% bis 100% des Trägers wird zur Uebertragung der Bildhelligkeitssignale benutzt. Am Empfangsort werden die Gleichlaufimpulse von den Helligkeitssignalen durch eine Amplitudentrennvorrichtung abgeschnitten und aus dem Impulsgemisch der Bildwechsel- und der Zeilenimpuls gewonnen.

Die verschiedenen Aufgaben — Zweikanal- und Einkanalgleichlaufsteuerung — erfordern deshalb von einer Zeilensprungimpulsanlage die Erzeugung verschiedener zunächst ungemischter Impulsfolgen:

1. den Zeilenimpuls,
2. den Bildwechselimpuls.

In Abb. 2a und b sind Zeilen- und Bildwechselimpulse dargestellt, die z. B. dieselbe Form haben, also 10% der Zeile lang sind, und von denen jeweils ein Bildwechselimpuls mit einem Zeilenimpuls zusammenfällt, während der nächste Bildwechselimpuls auf Zeilenmitte liegt.

Diese Zeichen werden für die „Zweikanal“-Synchronisierung benutzt, dienen aber weiter zur Erzeugung des Einkanalimpulsgemisches. Für die Gewinnung dieses Gemisches sind jedoch noch zwei weitere Impulsfolgen notwendig:

3. der Bildhauptimpuls,
4. der Trabant.

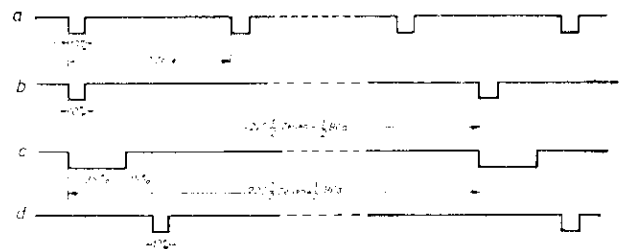


Abb. 2: Teilimpulse zur Erzeugung der deutschen Fernseh-Norm.

Abb. 2c zeigt den Bildhauptimpuls, der mit dem Einsatz des Impulses in Abb. 2b übereinstimmt und dessen Länge 35% der Zeile ist; Abb. 2d zeigt den Trabanten, der in der Form einem Zeilenimpuls gleichkommt und hinter dem Einsatz des Impulses der Abb. 2b um 1/2 Zeile nachhinkt. Durch Summation der Kurven der Abb. 2a, c, d bzw. auch 2a, b,

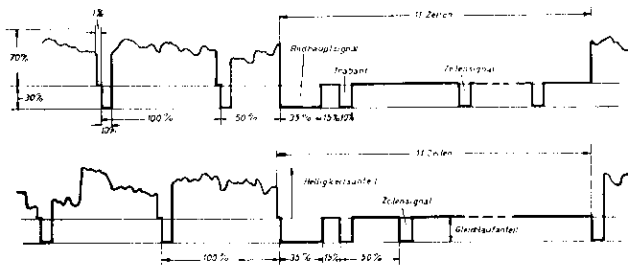


Abb. 1: Deutsche Fernseh-Norm.

hängig voneinander über getrennte Leitungen zu liefern. Der Mehraufwand an Leitungslänge infolge der doppelten Verlegung spielt bei den verhältnismäßig kurzen Entfernungen keine wesentliche Rolle. Die Trennvorrichtungen für die Gewinnung der Bildwechsel- und der Zeilenimpulse aus einem Impulsgemisch fallen dann bei den einzelnen Geräten weg. Dieses Verfahren wird als „Zweikanal“-Verfahren bezeichnet.

2. Für die Uebertragung über größere Entfernungen, besonders aber für die Uebermittlung auf einem hochfrequenten Träger — sei es nun für eine Kabel- oder eine drahtlose Uebermittlung — müssen sämtliche Impulse, also Bildhelligkeitssignale, Bild- und Zeilengleichlaufimpulse, gemischt werden, um sie über einen Uebermittlungsweg geben zu können. Diese Uebertragungsart ist das sogenannte „Einkanal“-Verfahren.

Entsprechend der Deutschen Fernseh-Norm (1) für die Einkanal-Sendung wird (siehe Abb. 1) dem hochfrequenten Träger von 0–30% Trägeramplitude das Synchronisierungsgemisch aufmoduliert. Dieser Pegel entspricht dem Schwarzwert des Bildes. Der übrige

c, d wird das Gleichlaufemkanalgemisch der Abb. 1 gewonnen, das dem Trägeramplitudbereich 0 bis 30" entspricht.

Für die Erzeugung dieser Impulse kommen nun grundsätzlich zwei Verfahren zur Anwendung:

1. Impulsgeber mit mechanischer Erzeugung der Impulse z. B. mit Hilfe der Nipkowscheibe. Mittels einer Lichtquelle wird ein Spalt durch eine Optik auf eine Abtastscheibe, die mit Schlitzern oder Löchern entsprechend den zu gewinnenden Gleichlaufimpulsen versehen ist, abgebildet. Das durchfallende Licht erzeugt sodann in einer Photozelle elektrische Impulse, die auf die gewünschte Form gebracht werden.

Die Verkopplung der von der Scheibe gelieferten Bildwechsel- und Zeilenimpulse untereinander wird hier also durch den mechanischen Stanzvorgang bei der Herstellung der Scheibe sowie den mechanischen und optischen Teil der Abtasteinrichtung bedingt. Die Verkopplung des Bildwechselimpulses mit der Wechselzahl des Netzes ist durch den Antriebsmotor der Scheibe gegeben.

Damit sind Störungen im Bild, bedingt durch Netzstörungen, z. B. den „Brumm“, in ihrer schädlichen Wirkung herabgemindert, insofern als die Störungen im Bild stillstehen.

2. Signalgeber mit elektrischer Erzeugung der Impulse z. B. durch elektrische Teilung (Abb. 3). Zur Erzeugung der Impulse für ein Zeilensprung-

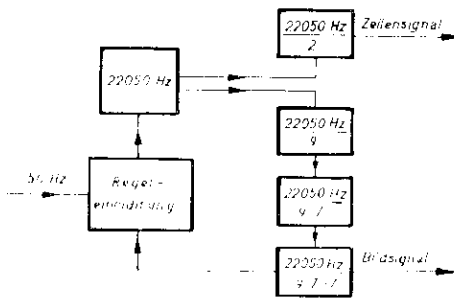


Abb. 3: Schema eines Frequenzteilers.

raster von 441 Zeilen je Bild, d. h. also von 220 1/2 Zeilen pro Halbbild, geht man von der doppelten Zeilenfrequenz (22.050 Hz) aus. Der Zeilenimpuls wird dann durch eine einfache Teilung (11.025 Hz) gewonnen, während der Bildwechselimpuls durch die Teilung im Verhältnis 441 entsteht. Das Schema Abb. 3 zeigt eine elektrische Teilungseinrichtung, bei welcher der Hauptgenerator mit der Ausgangsfrequenz  $f = 22.050 \text{ Hz}$  zur Steuerung zweier Teilerwege dient, von denen der eine die Zweiteilung zum Zeilenimpuls, der andere die Teilung durch 441 in Stufen von 9, 7, 7 zum Bildwechselimpuls vornimmt. Der Ausgangsbildwechselimpuls wird sodann in einer Regeleinrichtung in seiner Wechselzahl mit der des Netzes verglichen und danach die Frequenz des Hauptgenerators (22.050 Hz) so korrigiert, daß die Bildwechselzahl des Teilers gleich der Netzwechselzahl ist.

Die Verkopplung der beiden Signalfolgen – Bild und Zeile – erfolgt also hier über die Röhren und elektrischen Teilerorgane sowie die elektrischen Impulse der doppelten Zeilenfrequenz. Die Verkopplung der Bildwechselfrequenz mit der Netzfrequenz erfolgt über das Regelorgan.

### Fehlermöglichkeiten des elektrischen Taktgebers.

Bei der praktischen Durchführung ergeben sich jedoch grundsätzliche Schwierigkeiten. Die einzelnen Teilerorgane bewirken zeitliche Verschiebungen des geteilten Impulses gegenüber dem steuernden Impuls, welche z. B. durch die endliche Steilheit des Amplitudenanstiegs des steuernden Impulses oder durch aufzuladende Kapazitäten oder Einschwingzeiten von Kreisen bedingt sein können. Die den

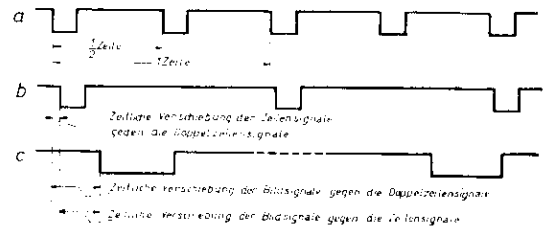


Abb. 4: Einsatzverzögerung bei Frequenzteilern.

beiden Teilerwegen entnommenen Impulse werden also z. B. die Form der Abb. 4 haben. Der geteilte Bildwechselimpuls hat entsprechend der mehrfachen aufeinanderfolgenden Teilung eine größere Verschiebung gegenüber der Ausgangsdoppelzeilenfrequenz als der Zeilenimpuls.

Durch einen geeigneten Aufbau der Teiler und durch die Wahl der Kopplung der Teiler untereinander gelingt es, die zeitlichen Verschiebungen bis auf die Größenordnung von etwa 1/2 Zeile herunterzudrücken, das sind also ca. 50  $\mu\text{sec}$ . Sie können jedoch nicht gänzlich beseitigt werden. Steuern diese Impulse nun einen Empfänger über einen „Zweikanal“, so erhält man ein Bildraster, das im allgemeinen aus zwei nicht genau auf Mitte zueinander sitzenden Halbrastern – „paarigem Raster“ – besteht. Störungen der Rücklaufgeschwindigkeit des Bildkipprgerätes durch den Zeilenimpuls können z. B. die Ursache sein. Es macht sich aber zusätzlich auch ein Wechsel in der Paarigkeit bemerkbar, der auf Schwankungen des Zeileneinsatzes zum Bildeinsatz zurückzuführen ist. Ursache hierfür sind z. B. Erwärmungen, Spannungsschwankungen, Rückwirkungen der Teiler untereinander, der Regelvorgang usw. Diese Fehler lassen sich teilweise beheben. Sie kosten jedoch zusätzlichen Aufwand und geben keinen vollen Erfolg.

Man könnte nun versuchen, den Fehler dadurch zu beseitigen, daß man die Verschiebung zwischen den Zeilen- und Bildwechselimpulsen des „Zweikanals“ (Abb. 4) gleich einer halben Zeile macht, um

dadurch eine Phasenstarrheit zu erzwingen. Aber auch diese Methode führt nicht zum Erfolg, da die oben beschriebenen Schwankungen weiter vorhanden sind und eine Konstanz des Einsatzes beider Impulse zueinander verhindern.

Soll nun aus dem Zweikanalimpuls das Einkanalgemisch abgeleitet werden, so müssen noch ein Bildhauptimpuls mit einem dazugehörigen Trabanten (2) erzeugt werden, was einfach durch Summen-

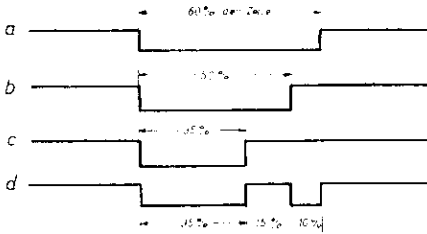


Abb. 5: Erzeugung des Bildhauptimpulses mit Trabanten durch Summen- und Differenzbildung.

oder Differenzbildung von Impulsen verschiedener Länge geschieht. Zu diesem Zwecke werden aus dem Bildwechselimpuls die Impulse der Abb. 5 durch elektrische Umformung hergestellt.

- a) Bildwechselimpuls 60 " der Zeile lang,
- b) Bildwechselimpuls 50 " der Zeile lang,
- c) Bildwechselimpuls 35 " der Zeile lang.

Durch Subtraktion bzw. Addition ergibt sich daraus das Impulsgemisch der Abb. 5 d, also der Bildhauptimpuls mit dem Trabanten. Die betrachteten Schwierigkeiten der zeitlichen Verzögerung des Einsatzes sind dabei aber noch nicht berücksichtigt worden.

Mischt man den Bildwechselimpuls und den Trabanten mit der Zeilenimpulsfolge, so ergeben

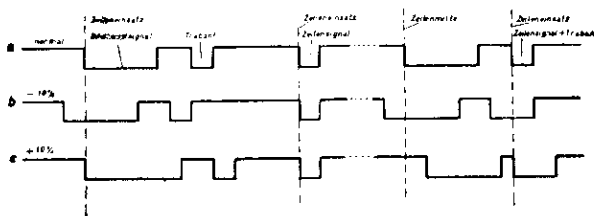


Abb. 6: Einkanalimpulsfolge bei verfrüht oder verspätet eintreffendem Bildhauptimpuls mit Trabant.

sich infolge der störenden Schwankungen, z. B. die Abb. 6 b und c, bei denen die Bildwechselimpulse Verschiebungen von  $\pm 10$  " der Zeile, also von Zeilenimpulslänge gegenüber der gewünschten Impulsgemischform Abb. 6 a aufweisen. Es können folgende Fehler auftreten:

1. Die Bildwechselimpulse fallen nicht mit dem Zeileneinsatz oder der Zeilenmitte zusammen;
2. der Zeilengleichlaufimpuls läuft nicht durch, wenn der Bildwechselimpuls vor dem Zeilenimpulseinsatz kommt, d. h. der zu früh kommende Bildwechselimpuls wirkt als Zeilenimpuls;

3. der Bildwechselimpuls erhält verschiedene Längen für die beiden Halbbilder, wenn er während eines Zeilenimpulses einsetzt;
4. der Abstand der Rückfront des Bildwechselimpulses vom Beginn des folgenden Trabanten wird verschieden für die beiden Halbraster, wenn der Bildimpuls während eines Zeilenimpulses einsetzt;
5. der Trabant ändert seine Länge für ein Halbraster, sobald der Bildeinsatz nicht mehr mit Zeilenanfang oder Mitte zusammenfällt.

Man muß dabei aber noch bedenken, daß diese Fehler nicht nur auftreten, sondern sich auch laufend ändern.

Bei Abtrennung der Impulse für Bild und Zeile auf der Empfängerseite nach dem Rückfrontverfahren ergeben sich im Empfänger also verschiedene

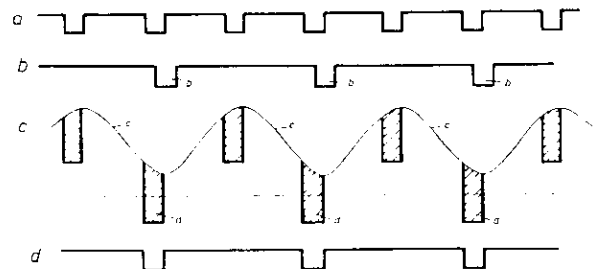


Abb. 7: Frequenzteilung mit Hilfssignal.

Bildwechselsignale für die beiden Halbraster und damit eine Paarigkeit des Gesamtrasters, die sich durch ein verstärktes Flimmern bemerkbar macht.

### Verfahren mit Hilfssignal.

Die beschriebenen Fehler können nun durch das im folgenden beschriebene Verfahren mit „Hilfssignal“\*) nicht nur verringert, sondern grundsätzlich beseitigt werden. Diese Methode geht davon aus, die durch die Teilung gewonnenen Impulse nicht direkt zur Steuerung der nächsten Teilerstufe zu benutzen, sondern sie als Hilfssignale nur zur Heraustastung einzelner Impulse aus der vorhergehenden Impulsfolge zu benutzen. In der Abb. 7 a ist eine Zeilenimpulsfolge doppelter Frequenz gezeichnet, die zur Erzeugung der Bildwechsel- und Zeilenimpulsfolgen dienen soll. Der aus der Teilungseinrichtung verspätet herauskommende Impuls b wird z. B. in eine Sinusschwingung c seiner Grundfrequenz umgewandelt und letztere mit der zu teilenden Impulsfolge a überlagert (Kurvenbild c). Durch eine gewöhnliche elektrische Abschneidevorrichtung werden nunmehr die Impulse d abgeschnitten, die jetzt phasenstarr zu den Impulsen a liegen. Wandert der Einsatz des Impulses b, so ändert sich dementsprechend auch die Phase der Grundwelle. Bei der Ueberlagerung und Beschnei-

\* Die Durchführung wurde von Herrn Sondermeyer vorgenommen.

dung ergibt sich jedoch trotzdem immer eine zu den Impulsen a phasenstarr liegende Impulsfolge d.

Eine Phasenverschiebung des Einsatzes des durch Teilung gewonnenen Zeilenimpulses gegen den Ausgangsimpuls der doppelten Zeilenfrequenz tritt also nicht ein. Es ist nun möglich, das Hilfssignal entweder getrennt zu erzeugen, oder aber aus dem Zeilenimpuls doppelter Frequenz durch Teilung zu gewinnen. Die Verwendung der Hilfssignalmethode für den elektrischen Taktgeber wird an Hand von Abb. 8 erläutert:

Der Zeilengenerator doppelter Zeilenfrequenz steuert ein Uebersteuerungsgerät 2, dem scharfe Impulse der Zeilenimpulsform und der doppelten Zeilenfrequenz entnommen werden können. Diese dienen zunächst zur Steuerung der beiden Teilerkanäle „3“ Teilverhältnis 1 : 2 und „4, 5, 6“ Teilverhältnis 1 : 441. Der durch Teilung gewonnene Bildwechselimpuls steuert in bekannter Weise die Frequenzregelvorrichtung 7. Der dem Teiler 3 entnommene Impuls ist ein Sägezahn der Zeilenwechselzahl und dient zugleich als Hilfssignal zur Erzeugung des phasenstarreren Zeilenimpulses in Gerät 8.

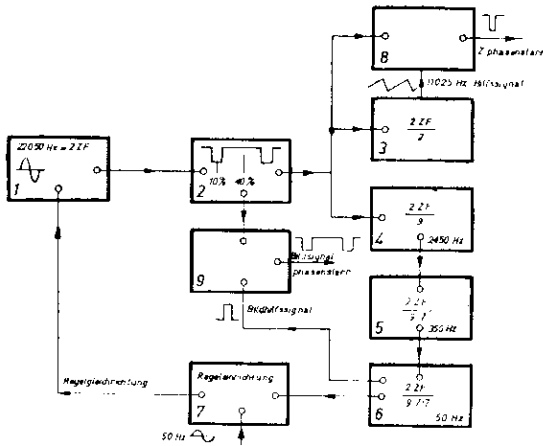


Abb. 8: Taktgeber nach der Hilfssignalmethode.

Für die Erzeugung des Bildwechselimpulses wird der dem Teiler 6 entnommene Bildwechselimpuls z. B. 50 " der Zeile lang gemacht und in die Zeilenimpulsfolge doppelter Frequenz ähnlich dem oben beschriebenen Vorgang der Erzeugung des Zeilenimpulses eingefügt und beschnitten (Gerät 9). Die Wirkungsweise geht aus Abb. 9 hervor. Wandert nun der Einsatz des durch die Teilung gewonnenen langen Bildwechselimpulses durch Aenderung der Teilvergänge oder durch den Regelvorgang, so wirkt sich dies auf den eigentlichen, einem Kippgerät zugeführten Steuerbildwechselimpuls nicht aus; es sei denn, daß die Wanderung so stark ist, daß sie einen anderen Impuls aus der Zeilenfolge doppelter Frequenz heraustastet. Dies ist jedoch, wie Versuche gezeigt haben, nicht der Fall.

Für die Erzeugung des Einkanalgemisches entsprechend der deutschen Fernseh-Norm (Abb. 1) ist nun außerdem noch die Erzeugung des 35 " der

Zeile langen Bildhauptimpulses sowie die Erzeugung des sogenannten Trabanten erforderlich. Zur Erzeugung des Hauptimpulses kann ein Multivibrator oder ein Sperrschwinger oder eine Uebersteuerungsschaltung benutzt werden, deren Ausgangsimpuls nach Uebersteuerung in der gewünschten Form eines Rechteckimpulses gewonnen wird, bei dem

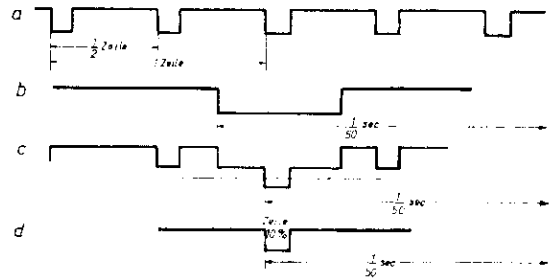


Abb. 9: Bildwechselimpulserzeugung mit Hilfssignal.

jedoch der Einsatz dieses Impulses zeitlich etwas verschoben ist (Abb. 10 e). Es muß also zur Erzeugung des Einkanalimpulses zusätzlich der kurze Bildimpuls mit eingelastet werden, um den starren Beginn des Bildhauptimpulses zu gewährleisten, sowie der Trabant hinzugefügt werden (siehe Abb. 10 b, c, d). Verwendet man das Verfahren mit „Hilfssignal“, so ist es möglich, diesen Trabanten gemeinsam mit dem kurzen Bildwechselimpuls dadurch zu erzeugen, daß man aus der Impulsfolge der doppelten Zeilenfrequenz nicht einen, sondern zwei aufeinanderfolgende Impulse heraustastet und zur Steuerung der weiteren Organe benutzt. Dieses Verfahren hat den Vorteil, daß der Trabant tatsächlich in der Zeilenmitte sitzt, an der Stelle, an die er der Norm nach hingehört. Der erste dieser beiden herausgetasteten Impulse bildet dann den Beginn des Hauptimpulses, der zweite den Trabanten selbst (Abb. 10 b).

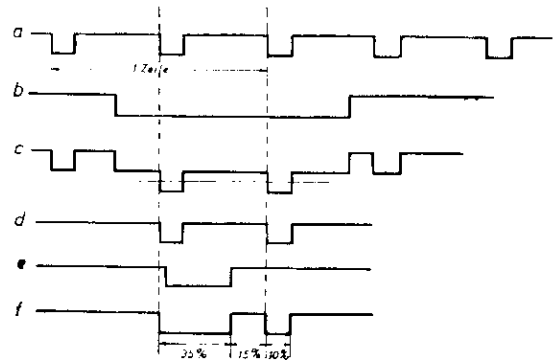


Abb. 10: Erzeugung des Bildhauptimpulses mit Trabanten nach der Hilfssignalmethode.

Die Erkenntnis, die beim elektrischen Teilungsverfahren gewonnen wurde, kann nun auch weiter zur Verbesserung des mechanischen Impulsgebers

benutzt werden, um die bekannten Abhängigkeiten des Bildwechsel- und Zeilenimpulses von der Einstellung der Optik und der mechanischen Teile auszugleichen. So können z. B. bei Röhrenwechsel in Uebersteuerungsschaltungen oder beim Auswechseln einer Gleichlauf Lampe Schwierigkeiten für die Gleichlaufimpulsgebung durch Verschieben der Phase zwischen Bildwechsel- und Zeilenimpuls entstehen. Will man hier das Verfahren mit Hilfssignal benutzen, so liefert die Scheibe zweckmäßig einen sauberen Impuls der doppelten Zeilenfrequenz und zwei Hilfssignale entsprechend der Bildwechsel- und Zeilenfrequenz, deren Qualität gegen die des Zeilenimpulses doppelter Frequenz gering sein kann. Sie lassen die gewünschten Impulse aus der Zeilenfolge doppelter Frequenz heraus.

Die beschriebenen Einrichtungen zur Verbesserung der Impulsgebung wurden an einer größeren Anzahl von elektrischen Taktgebern sowie an mechanischen Taktgeberanordnungen durchgeführt und

haben die vorher bestehenden Schwierigkeiten der mangelnden Phasensarrheit vollkommen beseitigt.

### Zusammenfassung.

Es werden zunächst die möglichen Fehler und Störungen bei der Erzeugung des Gleichlaufmisches für die deutsche Fernseh-Norm beschrieben und sodann das Verfahren mit Hilfssignal angegeben. Durch Mischung einer Impulsfolge mit einer aus dieser abgeleiteten Hilfssignalfolge lassen sich Impulsfolgen erzeugen, die mit der ursprünglichen Impulsfolge eine unbedingte Phasensarrheit aufweisen. Des weiteren wird die Erzeugung des Bildhauptimpulses mit seinem Trabanten beschrieben.

### Schrifttum.

- (1) Banneitz, v. Oettingen, Urteil, Weiß: TFT. 27, 1938, 157 ff.
- (2) Weiß, v. Oettingen, Turetschek: TFT. 27, 1938, 544 ff.

## Die Fernseaufnahmegeräte der EIAR in Rom.

Von Johannes Schunack.

Inhalt: Es werden die von der Fernseh Aktiengesellschaft im Dezember 1938 an die EIAR (Ente Italiano per le Audizione Radiofoniche) gelieferten Fernseh-Aufnahmegeräte für 441 Zeilen (Zeilensprung) beschrieben, die für den Betrieb des Fernseh-Studios dieser Gesellschaft in Rom bestimmt sind.

### Die Gesamtanlage.

Die Anlage erstreckt sich auf den gesamten fernsehtechnischen Teil der Studioeinrichtung und umfaßt demnach:

- a) die Bildaufnahmegeräte, und zwar einen Filmabtaster und eine Bühnenkamera,
- b) die für die Bilderzeugung und -übertragung erforderlichen Gleichlaufsignalgeber, Verstärker und Modulationsgeräte sowie
- c) eine Mischeinrichtung zum pausenlosen Ueberblenden der beiden Bildsendungen.

Die Anlage liefert an ein koaxiales Fernsehkabel einen entsprechend der deutschen Fernsehnorm mit Bildhelligkeits- und Gleichlaufimpulsen modulierten Träger von 8,4 MHz.

Es sind zweierlei Betriebsarten vorgesehen, die in Abb. 1 durch getrennte Markierung der verbindenden Schaltwege voneinander unterschieden werden.

Beim Betrieb im Studio (ausgezogene Verbindungsleitungen) sind Filmgeber und Bühnenkamera abwechselnd in Tätigkeit; sie werden von der

gleichen Signalgeberanlage gesteuert, ihre Bilder sind überblendbar und modulieren denselben Träger. Die von den beiden Gebern gemeinsam benutzten Teile, also der Taktgeber und die Modulations-einrichtung, sind zusammen mit dem Ueberblender und den Kontrolleinrichtungen im Mischpult untergebracht.

Beim selbständigen Betrieb (gestrichelte Verbindungsleitungen) sind die beiden Bildgeberanlagen voneinander vollkommen unabhängig und haben demzufolge auch eigene Gleichlaufgeber und Modulationseinrichtungen. In allen Betriebsarten werden an das Fernsehkabel untereinander gleichwertige Impulse des modulierten Trägers angeliefert.

Die im Mischpult bzw. den Verstärkereinrichtungen der einzelnen Geber untergebrachten Taktgeber  $TG_1$  bzw.  $TG_2$  und  $TG_3$  steuern die Kippgeräte  $K_1$  und  $K_2$  der Geber FG und TK niederfrequent im Zweikanal. Die Geber ihrerseits liefern niederfrequent an ihre Verstärkereinrichtungen den Helligkeitswerten der Aufnahme entsprechende Spannungsimpulse, die dort verstärkt und gegebenenfalls korrigiert werden. Sie dienen direkt bzw. nach



der im Mischpult durchgeführten Ueberblendung  $\ddot{U}$  zur Modulation des Trägers in den Modulationsgeräten  $Mo_1$  und  $Mo_2$  bzw.  $Mo_3$ . Die Endstufe des Modulationsgerätes übernimmt die Anpassung und die Uebertragung auf das Fernseekabel.

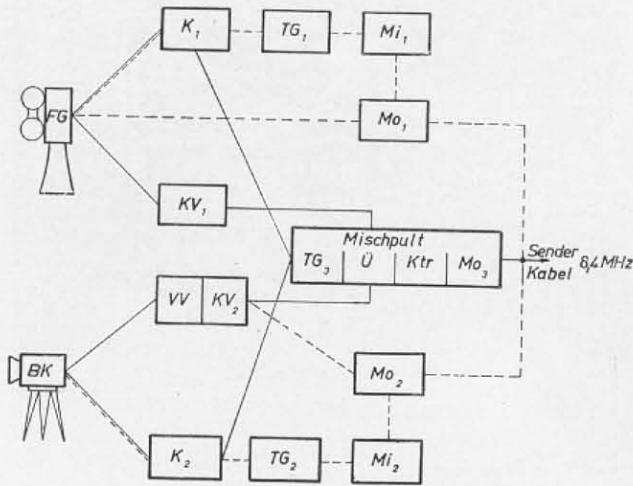


Abb. 1: Prinzipschema der Anlage.

- FG = Filmgeber mit Sondenröhre.
- BK = Bildkamera mit Bildspeicherröhre.
- K = Kippgeräte für die Ablenkung.
- TG = Taktgeber.
- Mi = Bild- und Zeilenimpulsmischung.
- Mo = Trägerfrequenzmodulation.
- KV = Kraftverstärker.
- VV = Vorverstärker.
- Ü = Überblendung.
- Ktr = Kontrollen.

### Die Bildaufnahmegeräte.

Der Filmgeber (Abb. 2) ist für die Verwendung vom Normal-Positivfilm eingerichtet. Aus der oberen Trommel läuft der Film über die Antriebs- und Führungsrollen des Filmwerkes Erne-mann VII B durch das Filmfenster und über die Ton-abnahmerolle. Er wird auf der unteren Filmrolle wieder aufgespult. Das Filmlaufwerk kann mittels eines Anlasses in Betrieb genommen werden, der gleichzeitig die Beleuchtungseinrichtung — eine 900-Watt-Wolframlampe — sowie den zu ihrer Kühlung vorgesehenen Lüftermotor einschaltet. Filmwerk, Lichtquelle und Entlüfter können gemeinsam durch einen Druckknopf stillgelegt werden. Der Film läuft (Abb. 3) kontinuierlich — also ohne Malteserkreuz-getriebe — durch das Filmfenster. Von jedem Filmbild müssen für das Zeilensprungverfahren nacheinander zwei Halbbilder erzeugt werden, die in ihrer Abtastung um eine Zeilenbreite voneinander differieren. Durch eine gegenüber dem Film in entgegengesetzter Richtung mit gleicher Geschwindigkeit laufende mechanische Blende wird jeweils nur ein Teil des Filmfensters freigegeben. Das Filmbild wird durch ein Objektiv auf die Photokathode der Sondenzerlegerröhre abgebildet. Zwischen diesen

befindet sich ein Prismensystem, das aus dem Filmbild zwei sich zur Hälfte überlappende Bilder auf der Photokathode erzeugt. Die Abtastung erfolgt dann mit Bildfrequenz und halber dem Film entgegenlaufender Kippgeschwindigkeit. Die Ueberdeckung der beiden Halbbilder muß sehr sorgfältig durchgeführt werden und stellt große Anforderungen

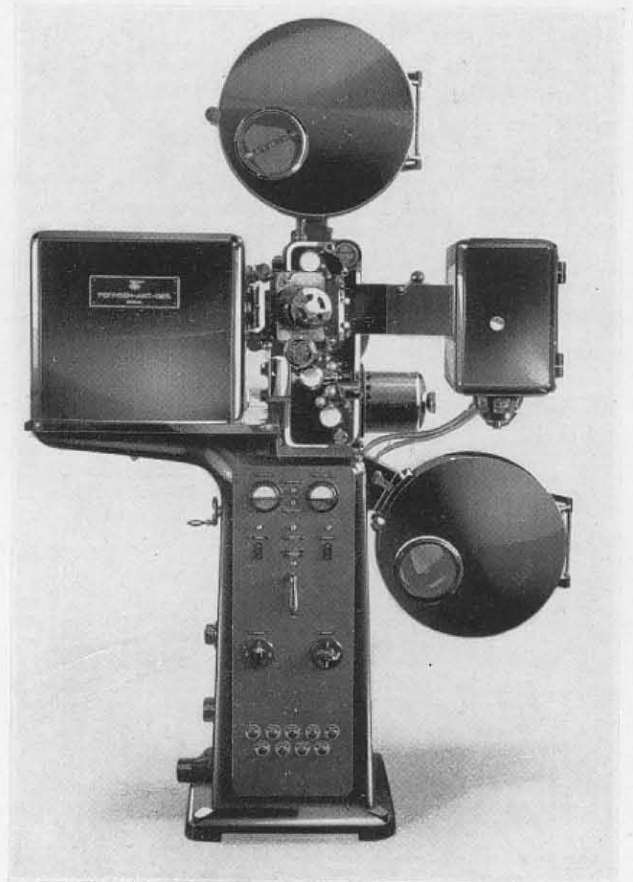


Abb. 2: Filmgeber für Sondenröhrenabtastung.

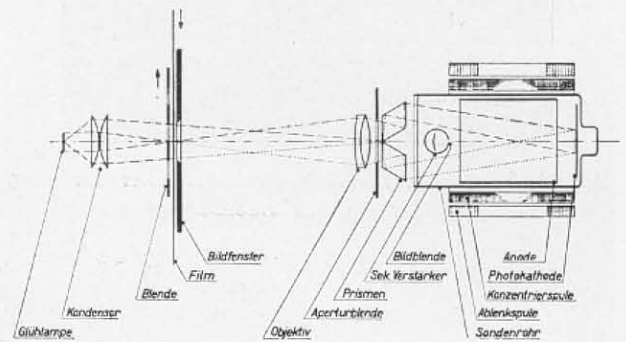


Abb. 3: Arbeitsweise des Filmgebers mit Sondenröhre.

an die Präzision der optischen und mechanischen Einrichtung. Aus diesem Grunde ist z. B. das Filmlaufwerk mit einem zusätzlichen Ausgleichgetriebe für einen ruhigeren Lauf versehen.

Das auf der Photokathode der Zerlegerröhre erzeugte optische Bild wird elektronenoptisch vergrößert in einer Ebene abgebildet, in der sich die Abtastsonde befindet. Durch diese fällt eine von der Helligkeit des jeweiligen Bildpunktes abhängige Zahl von Elektronen in einen 21stufigen Sekundärverstärker, der am Ausgang eine niederfrequente Spannung von etwa 1 Volt liefert.

Die Sondenröhre mit dem Konzentrations- und Ablenkspulensatz ist mechanisch sauber einstellbar auf einer Dreipunktlagerung aufgebaut. Der Spannungsteiler des Sekundärverstärkers mit den kapazitiven Entkopplungsgliedern sowie ein Vorverstärker mit niedrigohmigem Ausgang sind im gleichen Gehäuse wie die Sondenröhre untergebracht worden (Abb. 4). Die den Helligkeitswerten entsprechenden Spannungsimpulse werden niederfrequent über ein Kabel zu einer Verstärkeranlage geführt, an deren Ausgang ein niederfrequentes Kontrollbild gewonnen wird. In dieser Verstärkeranlage sind weiter die Hochspannungsgeräte für den Sekundärverstärker der Sondenröhre, die Ablenkrichtungen sowie der Nachverstärker untergebracht.

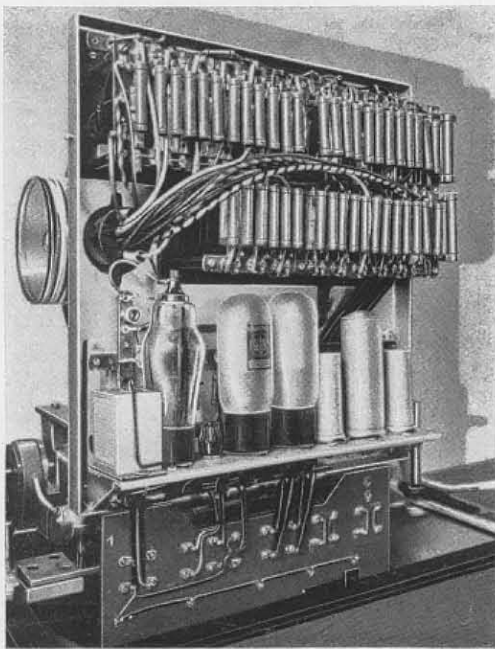


Abb. 4: Spannungsteiler und Nachverstärkeranordnung für die Sondenröhre.

**Bühnenkamera mit Speicherröhre.** Die für Bühnen- und Freilichtaufnahmen vorgesehene Speicherröhrenkamera (Abb. 5 und 6) sitzt auf einem fahrbaren Dreibeinestell, das eine Schwenkung und Neigung der Kamera gestattet. Das Kameragehäuse enthält:

1. Die optische Einrichtung, bestehend aus zwei Objektiven gleicher Oeffnung  $1 : 1,9 f = 16,5 \text{ cm}$ , die mittels eines Einstellknüppels auf einem Schienensystem gemeinsam bewegt werden können. Das obere Objektiv erzeugt nach einer optischen Um-

kehrung auf der Mattscheibe des Suchers ein aufrechtes und seitenrichtiges Bild der Szene, das von der Bedienungsseite aus beobachtet werden kann. Das untere Objektiv bildet die Szene auf der Photokathode der Speicherröhre ab. Dieses Objektiv

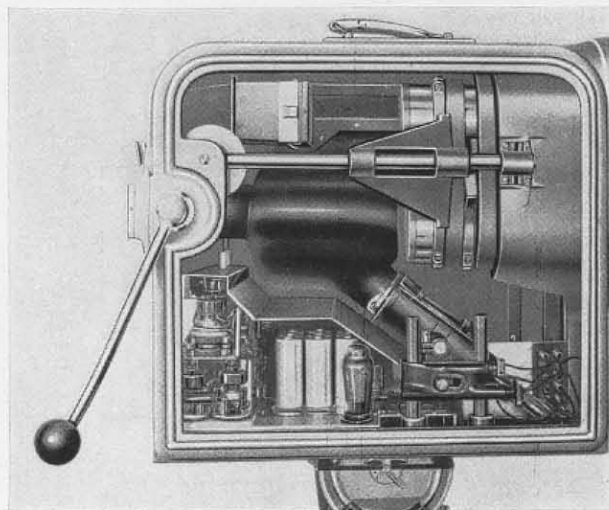


Abb. 5: Inneres des Kamerakopfes.

ist mit einer vom Bedienungsplatz der Kamera aus zu betätigenden Irisblende versehen, die eine Anpassung der optischen Tiefenschärfe und der Beleuchtung an die Empfindlichkeit der Bildspeicherröhre gestattet.

2. Die Speicherröhre mit mosaikförmig aufgebauter Photokathode.

3. Den schalltot gelagerten Niederfrequenzverstärker mit der Austasteinrichtung für die Unterdrückung des Abtaststrahls während des Zeilen-



Abb. 6: Bühnen-Kamera der Fernseh Aktiengesellschaft im Studio der EIAR.

und Bildrücklaufes. Die Ablenkspannungen werden dem Abtastsystem der Bildspeicherröhre über das Kabel in ihrer vollen Größe zugeführt.

Die von der Bildspeicherröhre gelieferten Spannungsimpulse werden in einem Vorverstärker in ihrer Amplitude vergrößert und an ein besonders

angepaßtes Kabel zur Uebertragung an die Nachverstärkereinrichtung geliefert. Die über das Kamera-kabel übertragenen Spannungsbeträge sind so groß gewählt, daß einfallende Störungen ihnen gegenüber nicht in Betracht kommen. Der Nachverstärker enthält außerdem die Einrichtungen zur Wegtastung, zur Störkompensation und die Schwarzsteuerung. Das an seinem Ausgang abgegebene niederfrequente Bild kann auf einem Kontrollempfänger betrachtet werden.

### Aufbau der Verstärkeranlage.

Der Wunsch nach Anlagen, die einen gelegentlichen Wechsel des Aufstellungsortes ohne besondere Schwierigkeit zulassen, führte zu einer Unterteilung in tragbare Einheiten, die auf einfache Weise elektrisch und mechanisch miteinander verbunden werden können. Die Einzelanlagen sind elektrisch selbständig eingerichtet und erhalten ihre Netzspannung sowie die für die Uebertragung erforder-

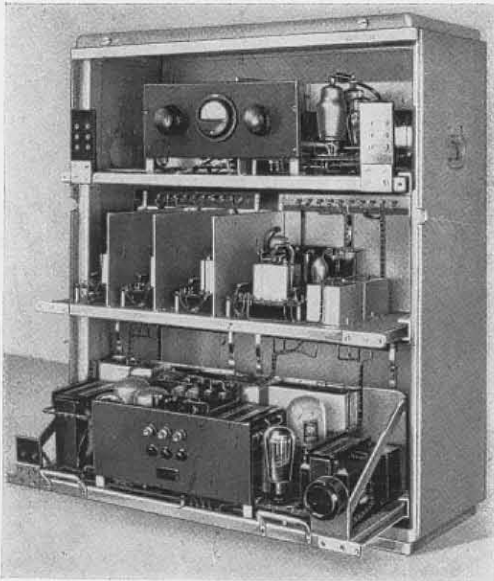


Abb. 7: Tragbare Verstärkeranordnung.

lichen Steuersignale auf Kabeln. Jede dieser Einrichtungen (Abb. 7) besteht aus einem geschweißten Aluminiumrahmen, der eine starke Aluminiumverkleidung trägt. In diese sind zwei Tragegriffe zum Transport des Gerätes eingelassen. Jedes Gehäuse kann drei Chassis aufnehmen, die übereinander auf Schienen eingeschoben werden können. Die Chassis enthalten jeweils die Netzanschluß- und Verstärker-teile und sind untereinander mittels Schraubkontakten elektrisch verbunden. Die Vorderwand trägt Aussparungen für Bedienungsgriffe und Instrumente und verschließt das Gehäuse spritzwasserdicht. Die Verbindung der einzelnen tragbaren Einheiten untereinander wird mittels Kabel von vorbereiteter Länge über Schraubkontaktverbindungen vorgenommen.

Die einzelnen Einheiten können neben- und übereinander aufgebaut werden, wie in Abb. 8 und 9

gezeigt ist. Im Interesse der Einheitlichkeit sind sämtliche Zubehörgeräte ähnlich den Verstärker-teilen ausgeführt, so z. B. der Netzregler, der zur

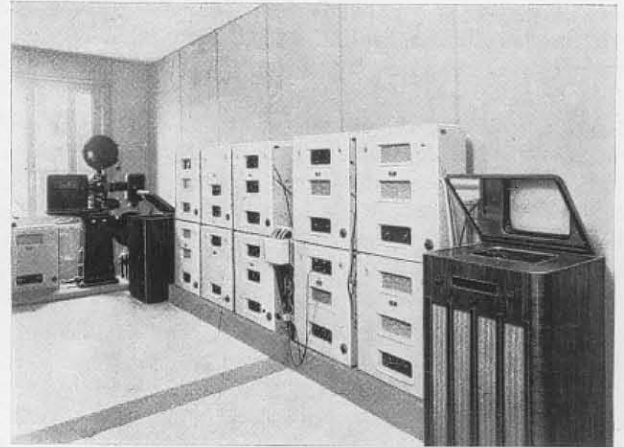


Abb. 8: Verstärkeranlage der Bühnenkamera.

Anpassung an die jeweils vorliegenden Netzspannungen dient, und der für die Kontrolle der Sendung erforderliche Oszillograph. Bei diesem sind durch Einbau eines aufklappbaren Deckels mit eingelegtem Spiegel die Schirme zweier senkrecht angeordneter Braunscher Röhren sichtbar gemacht.

### Gleichlauf und Uebertragung.

Der Taktgeber arbeitet nach der an anderer Stelle (1) näher beschriebenen Methode der Erzeugung von Gleichlaufsignalen durch elektrische Teilung mittels Hilfssignal.

Aus der doppelten Zeilenfrequenz wird die Zeilenfolge durch eine einfache Teilung durch 2, die Bildfolge durch eine Teilung durch 441 ge-



Abb. 9: Filmgeber mit Verstärkeranlage.

wonnen. Die doppelte Zeilenfrequenz wird durch eine aus dem Phasenvergleich der Bildfolge und der Netzfrequenz gewonnene Regelspannung so eingeregelt, daß die Bildabtastung mit der Netzfrequenz erfolgt. Die Aufgabe war im vorliegenden Falle in-

sofern besonders interessant, als die Teileranlagen für verschiedene Netzfrequenzen arbeiten müssen. So haben z. B. Berlin und Mailand 50 Hz, Rom 45 Hz und Turin 42 Hz. Diese verschiedenen Netzwechselzahlen ergeben bei der Gleichlaufsignalgabe mittels Scheibe keine Schwierigkeiten, da die Verkopplung der Bildfolge mit der Netzfrequenz über den Antrieb des Scheibenmotors automatisch gegeben ist. Es waren jedoch zunächst größere Schwierigkeiten zu erwarten bei der viel komplizierteren elektrischen Teileranordnung. Die Erfahrungen haben jedoch gezeigt, daß sie mit den gewählten Taktgeberanordnungen ohne weiteres beherrscht werden können.

Die Ueberblendung. Die von den beiden Aufnahmegeräten—Filmgeber und Bühnenkamera—gewonnenen niederfrequenten Bilder werden zur Ueberblendeinrichtung geführt, die im Mischpult untergebracht ist. Dort wird zunächst auf einem niederfrequenten Kontrollempfänger, der entsprechend seiner Arbeitsweise im Zweikanal synchronisiert wird, eine Nachkontrolle der von den Gebern gelieferten Bildspannungen vorgenommen. Die Kontrolle erfolgt auf gleichem Schwarzwert und Helligkeitsumfang. Nur Bilder gleichen Schwarzwertes und Helligkeitsumfanges können überblendet

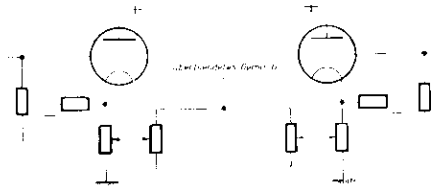


Abb. 10: Niederfrequente Ueberblendung.

werden. Für die Ueberblendung werden die Helligkeitssignale der Geber den Gittern je einer Kathodenverstärkerstufe (Abb. 10) zugeführt. Diese wird derart gesteuert, daß der Strom in den Röhren mit wachsender Helligkeit ebenfalls anwächst. An den Kathodenwiderständen entstehen den Helligkeitssignalen der beiden Bilder entsprechende Spannungen. Am Abgriffpunkt dieser Ueberblenderschaltung werden Spannungsanteile der beiden Bilder gemäß den Einstellungen der Regler abgenommen. Dieses Bildspannungsgemisch enthält, da die Stufen Gleichstromstufen sind, auch den Bildschwarzwertanteil und den Gleichstromruhwert des Verstärkers. Um beim Regeln nicht außer dem Schwarzwert auch den durch den Ruhestrom bedingten Gleichstromanteil zu verändern, denn dies würde eine Schwarzwertverschiebung ergeben, ist der Strom der Kathodenverstärkerstufe am Arbeitspunkt für den Schwarzwert durch einen Gegenstrom kompensiert. Dies hat außerdem den Vorteil, daß die Helligkeitssteuerung aus dem unteren Knick der Röhrencharakteristik heraus in den geradlinigen Teil verlegt wird und daher Gradationsverzerrungen nicht auftreten können.

Die Modulation. Die an dem Ueberblender (Abb. 10) abgegriffenen Helligkeitssignale werden nun für die Kabelübertragung zum drahtlosen Sender einer Trägerfrequenz von 8,4 MHz auf-

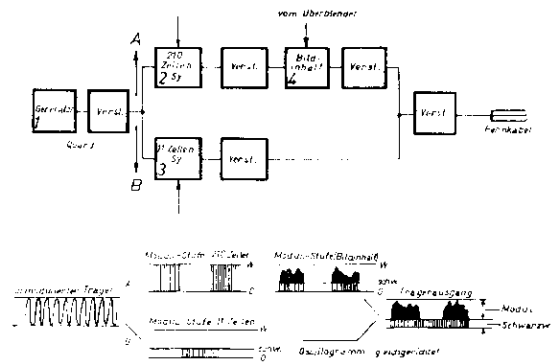


Abb. 11: Modulationsschaltung.

moduliert (Abb. 11). Ein quarzgesteuerter Trägerfrequenzgeber für 8,4 MHz (1) steuert zwei Kanäle A und B, die abwechselnd zur Uebertragung dienen. Die Umschaltung dieser Kanäle geschieht in den Modulationsstufen (2) und (3). Im Kanal A wird der Träger in einer dem Weißwert entsprechenden Hochfrequenzamplitude für die Dauer einer Halbbildabtastung, d. h. für die Dauer von 210 Zeilen je Halbbild, mit den Gleichlaufsignalen moduliert. Auf dem Kanal B werden die restlichen 11 Zeilen während der Bildlücke mit den Synchronisierimpulsen und dem Schwarzpegel übertragen. Die einzelnen Modulationsstufen sind über Trennstufen miteinander verbunden. In der dritten Modulationsstufe (4) wird nun während der 210 Zeilen der Bildinhalt zusätzlich auf den Träger aufmoduliert. Am Ausgang werden die beiden Verstärkerkanäle A und B wieder zusammengeführt. Bei dieser Addition können Amplitudenstoßstellen bedingt durch nichtlineare Kennlinien der Röhren und endliche Anstiege der Flanken der einzelnen Kanäle auftreten. Diese Störungen sind dadurch vermieden, daß die Umschaltung in einem Moment vorgenommen wird, in dem die Hochfrequenzamplituden beider Kanäle Null sind, d. h. also während eines Zeilensignals. Nach der Zusammenfassung der beiden Modulationswege ist eine Endstufe zur Kabelanpassung vorgesehen. An das Kabel ist über ein hochohmiges Entkopplungsglied ein Einkanal-Kontrollempfänger angekopelt.

Die drei Modulationseinrichtungen sind untereinander gleichartig ausgeführt. Der Träger wird den Gittern zweier Mehrgitterröhren im Gegentakt und das Bildhelligkeitsgemisch zwei weiteren Gittern im Gleichtakt zugeführt. Damit ist erreicht, daß im Anodenkreis jeder Modulationseinrichtung keine Spannungen niederfrequenter Art auftreten können.

Das Mischpult (Abb. 12).

Für den Studiobetrieb erfolgt die Regelung des Modulationsvorganges sowie die Ueberblendung der



beiden Geber im Mischpult, indem ein nieder- und ein hochfrequenter Kontrollempfänger für den Vergleich der Bilder der einzelnen Geber und die Kontrolle der trägerfrequenten Sendung vorgesehen ist. Diese Empfänger sind mit Braunschweig Röhren von 50 cm Kolbendurchmesser versehen. Die Bilder können über oberflächenversilberte Spiegel betrachtet werden.

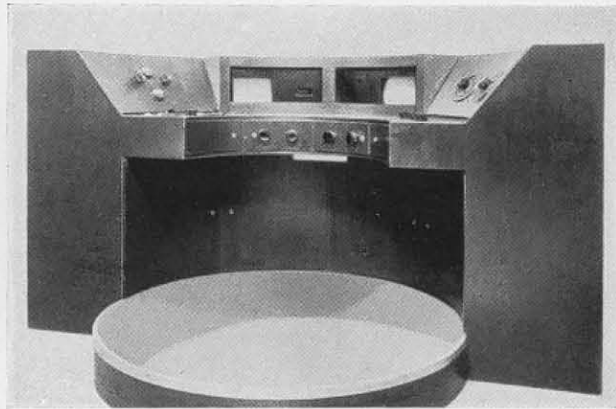


Abb. 12: Mischpult.

### Räumliche Verteilung.

Die Einrichtung in den Räumen der EIAR verteilt sich auf verschiedene Räume. Im Studio selbst ist nur die Kamera untergebracht, die durch Schwenken und Verschiebung beweglich ist und zur Uebertragung der Bilder mehrerer Bühnen benutzt wer-

den kann. Die optische Bedienung wird auf der Szene vorgenommen und die elektrische Bedienung erfolgt vom Verstärkerfeld aus, das in einem neben dem Studio befindlichen Raum untergebracht ist. In diesem Verstärkerfeld sind ebenfalls die Filmgeberanlage und ihr Verstärker untergebracht worden. In den Verstärkerfeldern der einzelnen Anlagen befinden sich außerdem die für den selbständigen Betrieb jeder Anlage erforderlichen Taktgeber, Modulations- und Kontrollgeräte.

Beim Studiobetrieb werden die Bilder im Mischpult überblendet, das in einem dritten Raum untergebracht ist. Zur künstlerischen Kontrolle der Bühnensendung ist am Ausgangskabel ein Verstärkerfeld zu einem im Regieraum des Studios untergebrachten Empfänger abzweigend.

Im Mischpultfeld befindet sich die Eintrittsstelle des Kabels zum drahtlosen Sender auf dem Monte Mario. Von diesem aus liegt das gesamte Stadtgebiet im Bereich direkter Sicht und ein Ultrakurzwellensender kann also die ganze Stadt mit einer drahtlosen Fernsehensendung versorgen.

### Zusammenfassung.

Die Fernsehaufnahmeanlage der EIAR in Rom, bestehend aus Bühnenkamera, Filmgeber, Mischpult und Verstärkereinrichtungen, wird in Aufbau und Wirkungsweise beschrieben.

### Schrifttum.

- (1) Joh. Schunack, Fernseh Hausmitt. 1, 1939, 98—102.

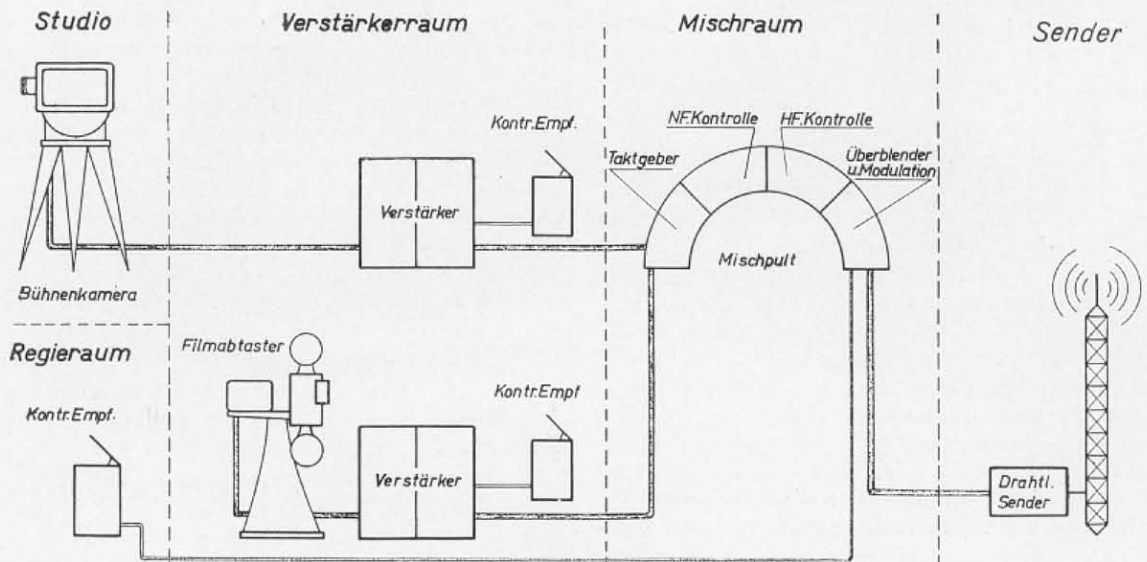


Abb. 13: Räumliche Anordnung der Anlage



Leistungssteigerung und Verkleinerung der Abmessungen sind auch beim Bau von Kathodenstrahlröhren die Marksteine der Vervollkommnung.

Das Bild zeigt zwei Kathodenstrahlröhren der Fernseh Aktiengesellschaft für gleiche Empfangsbildgröße von  $20 \times 23$  cm. Die längere Röhre stammt aus den Jahren 1936—1937; die verkürzte Weitwinkel-Röhre wurde erstmalig im Kleinempfänger DE 7 verwendet, der während der Berliner Rundfunkausstellung 1938 gezeigt wurde.