

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 57 (1966)  
**Heft:** 20  
  
**Rubrik:** Mitteilungen SEV

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 03.04.2026

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

## Der aerodynamische Widerstand elektrischer Maschinen in axialen Statorkanälen

621.313 : 533.6.013.12

[Nach A. K. Pimenow: Aerodynamitscheskoe saprotivlenije aksialnich kanalow statora elektrischeskich maschin. Elektrotechnika 37(166)7, S. 17...20]

Einen wichtigen Anteil bei der Kühlung elektrischer Maschinen haben die axialen Statorkanäle. Die Kühleigenschaften solcher Kanäle sind von der Rauigkeit der Bohrung — gegeben durch die relative Verschiebung der Bleche gegeneinander, sowie den Grat bzw. die Unebenheit der Bohrung — und dem uneinheitlichen Ein- und Ausströmen des Kühlmediums abhängig. Messbar sind die wirkliche Länge, die Reibungsverluste sowie die örtlichen Verluste der Kanäle. Von praktischem Interesse ist dabei die optimale Konstruktion der Ein- und Ausgangsabschnitte, berücksichtigt aus der Sicht der mechanischen Bearbeitung und der Verminderung der Widerstandsverluste.

Eine Modelleinrichtung erlaubt die Untersuchung von Reibungswiderständen. Das Prinzip besteht darin, dass die Luft eines Ventilators von einem Zwischenbehälter durch eine Messmembrane zur Eingangskammer strömt, aus welcher sie in eine der Bohrungen des geblechten Modellrotors eintritt. Eine Messröhre im Kanal, welche zu einem Mikromanometer führt, gestattet die Messung der statischen Druckänderung. Aus dem Druckfall kann nach bekannten Formeln der Widerstandsfaktor errechnet werden.

Bei verschiedenen Eingangsbedingungen fällt der Druck linear auf der ganzen Länge der Bohrung. Zur Verminderung des örtlichen Widerstandes der Ein- und Ausgänge kann fertigungstechnisch die Anwendung von gestuften Zylindern beitragen, deren Abmessungen berechnet werden können. Dadurch wird am Ausgang (als Diffusor) ein Faktor von 0,4...0,35 erreicht, was am Eingang (als Konfusor) nicht möglich ist. Hier kann jedoch eine doppelte Abstufung den Widerstandsfaktor bis auf 0,12...0,13 reduzieren.

B. G. Eissler

## Kombinierte Gas- und Dampfturbinenanlage zur Deckung der Spitzenlast

621.311.22(494.43)

[Nach L. Zünd: Eine interessante Lösung für eine thermische 26 000-kW-Kraftzentrale. Techn. Rdsch. Sulzer, 48(1966)2, S. 77...79]

Bei einer Ausschreibung der Electricité Neuchâteloise S. A., für ein Kraftwerk von 26 000 kW zur Versorgung des Kantonsnetzes mit Spitzen- und Winterenergie war völlige Freiheit hinsichtlich der Wahl des am günstigsten scheinenden thermischen Verfahrens gewährt. So konnten Dieselmotor, Freikolbengaserzeuger mit Entspannungsturbine, Dampfturbine, kombinierte Gas- und Dampfturbine und Gasturbine mit offenem oder geschlossenem Kreislauf gegeneinander in Konkurrenz treten. Ausgewählt wurde das System der kombinierten Gas- und Dampfturbine, da es, gesamthaft betrachtet, bei weniger als 5000 jährlichen Betriebsstunden die niedrigsten Energieerzeugungskosten ergibt.

Für das in Auftrag gegebene Kraftwerk ist Schweröl als Brennstoff vorgesehen. Dreiviertel der Nutzleistung wird von der Gasturbine aufgebracht, deren Eintrittstemperatur 660 °C beträgt. Ihre Abgase beaufschlagen einen Abhitzeessel ohne Zusatzfeuerung, der also bloss die Funktion eines Wärmetauschers erfüllt. Abgas- und Dampftemperatur liegen tief, so dass der Kessel auch trocken gefahren werden kann und dabei keine besonderen Schutzmassnahmen nötig sind, was im Hinblick auf das vorgesehene tägliche Anfahren einen wesentlichen Vorteil bedeutet. Die Dampfturbine ist bei Normalbetrieb ungerregelt, d. h., die Einlassventile sind stets voll geöffnet und werden nur bei Schnellabschaltung betätigt. Trotz der verhältnismässig einfachen Auslegung der ganzen Anlage wird ein thermischer Gesamtwirkungsgrad von nahezu 29 % erreicht. Anfahren und Betrieb sind vollautomatisiert und die Armaturen werden von einem zentralen elektronischen System aus gesteuert. Für die Überwachung und Kontrolle der Anlage genügt ein Mann.

K. Winkler

## Kraftwerk im Kühlturm

621.311.22

[Nach: 3000 MW under a cloche Electr. Times 150(1966)1, S. 17]

Beim Bau von thermischen Kraftwerken mit Trocken-Kühltürmen (Luftkühlung des Kondensatwassers) besteht eine sehr grosse Freiheit in der Wahl des Standortes, da keinerlei Rücksicht auf die Verfügbarkeit von Kühlwassermengen genommen werden muss. Beim sog. «Heller-System» wird das Kondensator entnommene Wasser zum Teil als Speisewasser für die Kessel benötigt, der Hauptanteil wird jedoch im luftbeaufschlagten Wärmeaustauscher (Trocken-Kühlturm) gekühlt. Die bis heute grösste derartige Prototyp-Anlage von 120 MW steht seit 1961 in der Rugeley Power Station, England, nach Überwindung kleinerer Anfangsschwierigkeiten im kommerziellen Einsatz.

Die English Electric hat nun schon vor ungefähr drei Jahren ein Projekt für Kraftwerke von 350 MW entworfen, bei dem das Kraftwerk im Innern eines 170 m hohen, luftgekühlten Kühlturms angeordnet ist. Der Kühlturm selbst besitzt einen maximalen Durchmesser von 230 m und hat konische Form (anstelle der sonst üblichen hyperbolischen Bauweise). Neuere Studien dieser Firma beziehen sich auf Kraftwerke dieser Art mit Leistungen von 3000 MW und mehr.

Diese «Kraftwerk im Kühlturm»-Bauweise hat folgende, nicht zu unterschätzende Vorteile gegenüber Anlagen mit «feuchten» Kühltürmen:

- Vernachlässigbar kleiner Kühlwasserbedarf;
- Geringerer Platzbedarf;
- Ästhetischere Konstruktion (kein sichtbares Kraftwerk).

J. Mutzner

## Strukturwandel in der Elektrizitätswirtschaft durch den Einsatz von Kernkraftwerken

621.311.25 : 621.039

[Nach H. Frewer: Strukturwandel in der Elektrizitätswirtschaft durch den Einsatz von Kernkraftwerken. Siemens-Z. 40(1966)3, S. 147...160]

Nachdem die stetig steigenden Kosten der Kohलगewinnung infolge der hohen Sozialleistungen und der sich verschlechternden Flözverhältnisse diesen Weg zur Ausdehnung der Energieerzeugung immer mehr hemmen, tritt in allen Industrieländern eine starke Verlagerung auf Erdöl und Erdgas ein. Für viele Länder bedeutet dies aber eine erhebliche Belastung ihrer Aussenhandels-

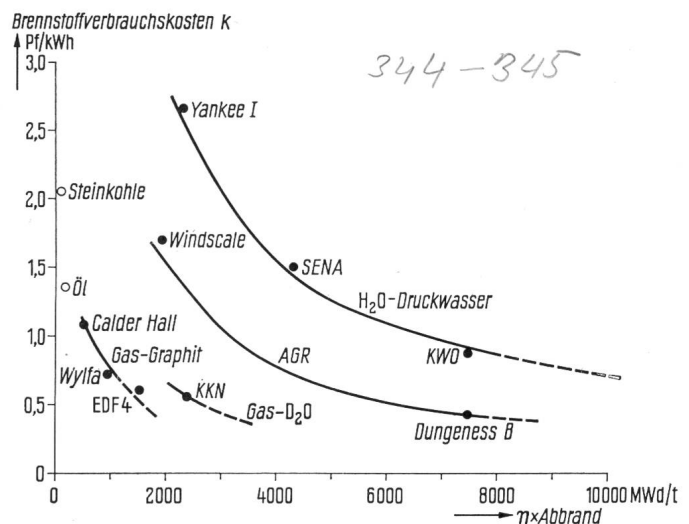


Fig. 1

Abhängigkeit der Brennstoffkosten verschiedener Reaktortypen von Entwicklungsstand, Abbrand und Wirkungsgrad

$$k = c_1 \frac{B}{\eta A} ; A = c_2 H ; c_1 = \frac{100}{24} ; c_2 = \frac{1}{860 \cdot 24} ;$$

$k$  Brennstoffkosten in Pf./kWh;  $A$  Abbrand in MWd/t;  $B$  spezifische Brennstoffkosten in DM/kg;  $H$  Heizwert in kcal/kg;  $\eta$  Gesamtwirkungsgrad des Kraftwerkes;  $c_1, c_2$  Umrechnungskonstanten;  $A_1$  0,50 MWd/t für Öl;  $A_2$  0,36 MWd/t für Steinkohle

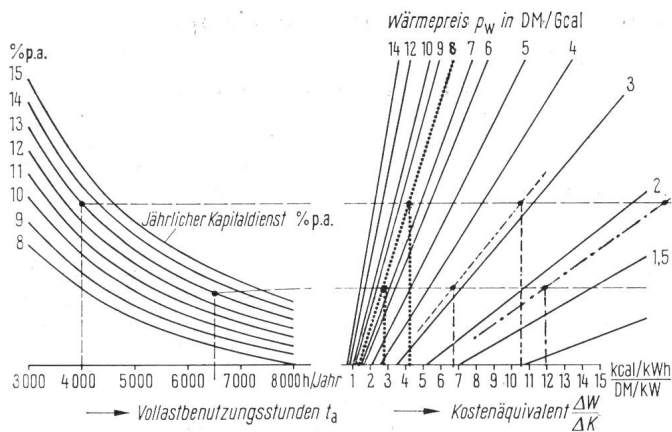


Fig. 2

**Kalarisches Kostenäquivalent bei verschiedenen Kraftwerkstypen**

- 300-MW-Natururan-D<sub>2</sub>O-Gas-Reaktor,  $p_w = 1,83$  DM/Gcal;
  - - - 300-MW-H<sub>2</sub>O-Druckwasser-Reaktor,  $p_w = 3,28$  DM/Gcal;
  - · · 300-MW-konventionelles Kraftwerk,  $p_w = 8$  DM/Gcal;
- $\Delta W$  Differenz im Wärmeverbrauch in kcal/kWh;  $\Delta K$  Differenz der Anlagekosten in DM/kW  
Beide Differenzen für zwei Vergleichsvarianten

bilanz, da nur wenige in der glücklichen Lage sind, einen solchen Energiebezug aus eigenen Quellen zu decken. Daraus wurde überall mit mehr oder weniger starker Konsequenz der Schluss gezogen, dass sich hier der Kernenergie ein äusserst dankbares Anwendungsfeld bietet.

In der Tat zeigt die Analyse der Kostenstruktur von Kernkraftwerken und ihre voraussichtliche Entwicklung eine überraschend starke Kostendegression mit steigender Leistung. Da bei Kernkraftwerken der Anteil der Anlagekosten dominiert, wird erwartet, dass bei sehr grosser Anlageleistung die spezifischen Kosten von Kraftwerken mit fossilen Brennstoffen bald unterboten werden können. Die technische Entwicklung hat nicht nur der neuen Bauart der Leichtwasserreaktoren zum erfolgreichen Durchbruch verholfen, sondern sie hat auch die erzielbare Abbrandleistung von 13 000 MWd/t (Megawatt-Tage je Tonne Uran) auf 24 000 erhöht, und wenn in absehbarer Zeit mittlere Abbrände von 30 000 MWd/t erreicht werden, so senkt dies die Brennstoffkosten um volle 40 % (Fig. 1). Die wichtigste Konsequenz aus dieser Entwicklung ist der sinkende Einfluss auf die Kosten der erzeugten Energie bei einer allfälligen Verteuerung des Urans oder seiner Konzentrate. Der steigende Einsatz von Kernkraftwerken ist also das beste Mittel, um den Kostenanstieg der elektrischen Energie zu bremsen.

Den grundsätzlichen Unterschied in der Brennstoffstruktur zwischen konventionellen und nuklearen Kraftwerken zeigt am besten das kalorische Kostenäquivalent, wie es in Fig. 2 dargestellt ist. Im linken Teil der Figur ist der Einfluss des Kapitaldienstfaktors und der Vollastbenutzungsstunden sichtbar. Konventionelle Kraftwerke mit hohem spezifischem Wärmepreis sind ziemlich unempfindlich hinsichtlich schwankender Benutzungsdauer. Kernkraftwerke erreichen aber nur bei sehr hoher Benutzungsdauer, also im ausgesprochenen Grundlastbetrieb, ein niedriges kalorische Kostenäquivalent. Daraus ergibt sich zwangsläufig, dass ein guter thermischer Wirkungsgrad bei Kernkraftwerken eine viel geringere Bedeutung hat als bei konventionellen Kraftwerken. Trotzdem liegt der thermische Wirkungsgrad von Kernkraftwerken mit Druckwasserreaktoren mit 32 % bemerkenswert hoch.

Grösste Beachtung ist der Blockgrösse der zu installierenden Versorgungseinheiten zu schenken. England und Frankreich, wo die Elektrizitätsversorgung die Sache staatlicher Unternehmungen ist, sind hier in einer viel günstigeren Lage als z. B. die Schweiz und Deutschland, da in diesen Ländern die vielen regionalen Werke sich erst noch zu grösseren Gemeinschaftsunternehmen zusammenschliessen müssen, um wirtschaftliche Einheiten aufstellen zu können. Auch aus Gründen der Reserveleistung ist ein Netzverbund in diesem Fall notwendig.

Der Energieverbrauch wird trotz aller Ausgleichsbemühungen im Laufe eines Tages immer schwanken. Da wie erwähnt Kern-

kraftwerke die Grundlast tragen, werden andere Kraftwerkstypen, welche auch bei kürzerer Benutzungsdauer wirtschaftlich sind, die Spitzendeckung übernehmen müssen. Dies wird der Arbeitsbereich für die fossilen Kraftwerke sein, wobei die kürzesten Spitzen vielleicht vermehrt von Pumpspeicherwerken übernommen werden.

A. Baumgartner

**Der Hochvakuumdurchbruch bei hoher Gleichspannung**

537.525

[Nach A. Zeibig: Der Hochvakuumdurchbruch bei hoher Gleichspannung. ETZ-A 87(1966)8, S. 249...257]

Da allgemein gültige Gesetze über die Durchbruchspannung von Elektrodenanordnungen heute noch fehlen, ist die optimale Ausnutzung der Isolierwirkung des Vakuums erschwert und man ist weitgehend auf Versuche angewiesen. Es ist daher versucht worden auf Grund von sorgfältig ausgewählten Experimenten diese allgemein gültigen Beziehungen zwischen der Durchbruchspannung und der Schlagweite sowie anderer technisch wichtiger Parameter zu finden und eine Arbeitshypothese zu schaffen. Dabei wurden nur Drücke unter  $5 \cdot 10^{-6}$  Torr und Gleichspannungen grösser als 10 kV untersucht.

Die Kenngrössen der untersuchten Elektrodenanordnungen sind in Tabelle I angeführt. Unabhängig von der Elektrodenform,

*Kenngrössen der untersuchten Elektrodenanordnungen*

339-340

Tabelle I

Elektrodenanordnungen Maße in mm	Kenngrösse <sup>1)</sup>	Elektroden Schlagweite $a$ in mm				
		0,3	0,6	0,9	1,2	1,5
	$\xi$	1,015	1,030	1,045	1,060	1,075
	$\eta$	0,996	0,992	0,988	0,984	0,980
	$\xi$	1,03	1,06	1,09	1,12	1,15
	$\eta$	0,992	0,984	0,976	0,968	0,960
	$\xi$	1,06	1,12	1,18	1,24	1,30
	$\eta$	0,98	0,97	0,94	0,93	0,91
	$\xi$	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5
	$\eta$	0,91	0,82	0,74	0,69	0,63
	$\xi$	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5
	$\eta$	0,82	0,69	0,59	0,51	0,45

<sup>1)</sup>  $\xi = (a + r)/r$  geometrische Charakteristik,  $\eta = f(\xi)$  Ausnutzungsfaktor,  $r$  Krümmungsradius der Elektrode.

deren Werkstoff und der Zusammensetzung des Restgases besteht bei den Durchschlägen der ersten Messreihe ein sog. Reinigungseffekt indem die Durchbruchspannung nach 20...30 Überschlägen im Mittel einem konstanten Endwert zustrebt. Wenn nach der Reinigungsserie eine genügend grosse Zahl von Einzelwerten aufgenommen ist und das Quadrat der erhaltenen Durchbruchspannungen als Funktion der Schlagweite aufgetragen wird, so verlaufen die Messkurven im allgemeinen linear. In Fig. 1 sind für Stabelektroden aus Chrom-Nickel-Stahl Abweichungen zu sehen. Im allgemeinen bestätigt sich aber das Parabelgesetz, welches aussagt, dass die Durchschlagspannung der Quadratwurzel aus der Schlagweite proportional ist, wobei die Proportionalitätskonstante von der Elektrodenform und deren Material abhängt. Mit abnehmendem Krümmungsradius der Elektroden nimmt ausserdem bei konstanter Schlagweite die Durchschlagspannung zu.

In unsymmetrischen Elektrodenanordnungen, bei denen die beiden Elektroden verschiedene Krümmungsradien aufweisen, ergibt die Anordnung mit positiver Nadel bei gleicher Schlagweite eine höhere Durchbruchspannung als mit positiver Kugel. Allgemein weist diejenige Anordnung die höhere Durchbruchspannung auf, bei der die Anode den kleineren Krümmungsradius hat.

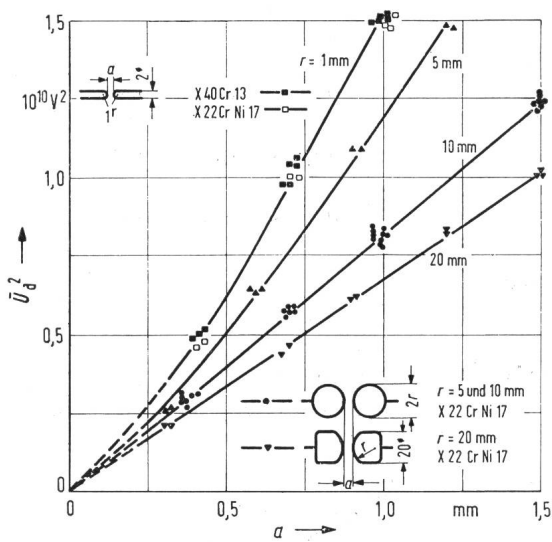


Fig. 1

Durchbruchspannung  $\bar{U}_d$  verschiedener Elektrodenanordnungen aus Chrom-Stahl und Chrom-Nickel-Stahl im Hochvakuum in Abhängigkeit von der Schlagweite  $a$  und dem Krümmungsradius  $r$  der Elektroden

Generell lässt sich auf Grund der Materialvergleiche das Parabelgesetz so formulieren, dass die Proportionalitätskonstante für verschiedene Elektrodenwerkstoffe sich wie die Quadratwurzel aus den entsprechenden Schmelztemperaturen verhält.

Die Durchbruchspannung hängt ausserdem noch von dem Betrag einer sog. kritischen Molekülfächendichte ab, was den Einfluss des Reinheitsgrades des Elektrodenmaterials erklärt. Die Verhältnisse sind aber in dieser Beziehung noch nicht genügend abgeklärt. A. B.

### Die Entwicklung zur 1000-MW-Einwellenturbine

621.165

[Nach W. Trassl: Die Entwicklung zur 1000-MW-Einwellenturbine. Siemens-Zeitschr. 40(1966)3, S. 183...187]

Die Entwicklung der Dampfturbinen war bisher durch den Trend zu höherem Dampfdruck, höherer Dampftemperatur und

zu grösserer Einheitsleistung gekennzeichnet. Die Wahl der Einheitsleistung wurde dabei vorwiegend nach dem Verhältnis zur angeschlossenen Netzleistung und unter Berücksichtigung der voraussichtlichen Verfügbarkeit getroffen. Für den Dampfdruck und die Temperatur waren eher physikalisch und materialtechnisch bedingte Grenzen massgebend, welche dem jeweiligen Stand der Technik entsprachen.

Ein objektiver Maßstab zur Beurteilung der wirtschaftlichen obersten Grenze der Einheitsleistung wurde bis heute nicht angegeben. Die bisher gezogenen Vergleiche zwischen Einwellen- und Zweiwellenbauarten mit 3600, 3000, 1800 und 1500 U./min liessen infolge verschiedener Ausführungen keine eindeutigen Schlüsse zu. Oft wurden neue technische Erkenntnisse und Verfahren nur auf die neuentwickelten Turbomaschinen grösster Einheitsleistung angewandt, während die kleineren Einheiten in der bisherigen erprobten Bauweise ausgeführt wurden, für welche eine rationelle Fertigung bestand.

Anhand der Modellgesetze der Strömungslehre und der Mechanik lässt sich leicht ableiten, dass hochoberige Maschinen leichter werden als Langsamläufer. Trotzdem wurden immer wieder langsam laufende Turbinen für vierpolige Einwellen-Generatoren gebaut oder als Niederdruckteile von Zweiwellen-Turbosätzen eingesetzt, weil es leichter und weniger riskant war grosse Niederdruckteile für langsame Maschinen zu bauen als für hochoberige. Sobald nun durch die Entwicklung ausreichend grosser Niederdruckteile für 3000 oder 3600 U./min die Maximalleistung der Einwellenturbine auf 600...1000 MW gesteigert werden kann, wird für diesen Bereich die Zweiwellenanordnung nicht mehr lohnend sein. Bei dieser Grössenordnung wird auch für den Dampfdruck der Trend zur Steigerung stehen bleiben, während zur Erhöhung der Frischdampftemperatur über 538 °C hinaus keine Veranlassung besteht. Auch die Zwischenüberhitzungstemperatur wird nicht darüber hinaus steigen.

Ausgedehnte Untersuchungen über den konstruktiven Bau eines 1000-MW-Satzes haben ergeben, dass die Ausführung mit einem einflutigen Hochdruckteil, einem doppelflutigen Mitteldruckteil und drei doppelflutigen Niederdruckläufern mit guter Betriebssicherheit verwirklicht werden kann. Die Gesamtlänge der Turbine wird mit 38 m etwa 15 m länger sein als heutige Turbinen für 280 MW. A. B.

## Nachrichten- und Hochfrequenztechnik — Télécommunications et haute fréquence

### Farbfernsehen

621.397.132

[Nach K. Welland: Farbfernsehen. Radio-Praktiker-Bücherei 137/140, Franzis-Verlag, München, 1966]

Wer schon einmal die blühenden Tulpenfelder in Holland gesehen hat, der wird die Farben sehr vermissen, wenn er sie durch das heute übliche Fernsehen in Schwarz-Weiss zu sehen bekommt. Weitere Beispiele für den Vorteil des Farbfernsehens kann man in beliebiger Zahl aufzählen. Es gibt sicher Fernsehsendungen, bei denen es nicht oder fast nicht darauf ankommt, ob man das Empfängerbild in Farben oder in Schwarz-Weiss sieht. Aber sicher gibt es noch mehr Sendungen, bei denen die Wiedergabe in Farben eine wesentliche Steigerung des Informationsinhaltes der Sendung bringt.

Bei der Einführung des Farbfernsehens werden die Fernsehteilnehmer beim Empfang der Sendungen drei Dinge erwarten. Erstens soll die Farbwiedergabe auf einem Farbfernsehempfänger möglichst naturgetreu sein, zweitens soll man mit einem Farbfernsehempfänger Schwarz-Weiss-Fernsehsendungen schwarz-weiss empfangen können, und drittens soll man mit einem Schwarz-Weiss-Fernsehempfänger Farbfernsehsendungen in schwarz-weiss empfangen können. Diesen Forderungen muss das Farbfernsehempfängergerät und das Farbfernsehensystem entsprechen.

Die Farbwiedergabe muss möglichst naturgetreu sein. Bei der Farbwiedergabe ist ein Objekt besonders heikel, die menschliche Haut. Eine Tomate kann sehr verschiedene rote Farben haben, eine Wiese kann sehr verschiedenes Grün und der Himmel viele Schattierungen in allen möglichen Farben aufweisen. Aber von der Farbe der menschlichen Haut hat man eine ganz bestimmte Vorstellung. Ein Farbstich in übertriebenem Rot, Grün oder Blau wird vom Auge als unnatürlich registriert und unangenehm oder komisch empfunden. Die Forderung, dass man mit einem Farbfernsehempfänger Schwarz-Weiss-Fernsehsendungen und mit einem Schwarz-Weiss-Fernsehempfänger Farbfernsehsendungen empfangen können muss, nennt man auf englisch «compatible», was man auf deutsch mit «verträglich» übersetzen kann. Farbfernsehsendungen und Schwarz-Weiss-Fernsehsendungen müssen für den Empfang aufeinander abgestimmt, müssen untereinander verträglich, kompatibel sein.

In den Jahren 1945...1953 wurde in den USA intensiv und auf breiter Grundlage nach einem kompatiblen Farbfernsehensystem gesucht. Die von verschiedenen Stellen geleisteten Arbeiten wurden im National Television System Committee (NTSC) koordiniert. Die Arbeiten haben zu einem Farbfernsehensystem, dem NTSC-System, geführt, das im Dezember 1953 von der Bundesbehörde für das Fernmeldewesen der USA (FCC) zur USA-Norm erhoben wurde.



Fig. 1  
Farbdreieck

Auf der  $x$ -Achse ist die Intensität des Rotanteils einer Farbe aufgetragen, auf der  $y$ -Achse die Intensität des Grünanteils. Die Summe der Intensitäten der drei Grundfarben Blau, Grün und Rot muss gleich Eins sein.  $1/3$  Blau +  $1/3$  Grün +  $1/3$  Rot gibt Weiss (Punkt  $W$ ). Die Farben des Sonnenspektrums liegen auf dem Kurvenzug von  $(B)$  über  $(G)$  nach  $(R)$ . Die Primärstrahler der Farbbildröhren liegen in den Punkten  $(B)_E$ ,  $(G)_E$  und  $(R)_E$

Beim Farbfernsehempfang nach diesem System werden die verschiedenen Farben durch Addieren von drei Grundfarben erzeugt. Jede Farbe lässt sich durch Addition von drei Grundfarben, zum Beispiel von Blau, Grün und Rot, darstellen. Wenn die drei Grundfarben in gleicher Intensität zusammentreffen, ist die Summenfarbe der drei Grundfarben Weiss. Diese Farbsummierung lässt sich mit dem Farbdreieck (Fig. 1) darstellen. Auf der  $x$ -Achse ist der Rotanteil aufgetragen, auf der  $y$ -Achse der Grünanteil. Die Summe aller drei Anteile der Grundfarben im Farbdreieck, des Blau-, Grün- und Rot-Anteiles, muss gleich Eins sein. Im Farbdreieck ist der Punkt  $x=1$  reines Rot,  $y=1$  reines Grün und  $x=y=0$  reines Blau. Innerhalb des Dreieckes, das durch die Punkte  $x=1$ ,  $y=1$  und  $x=y=0$  gebildet wird, liegen

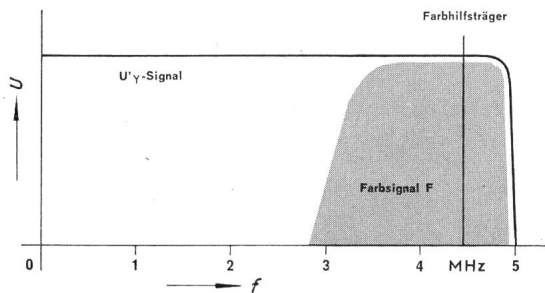
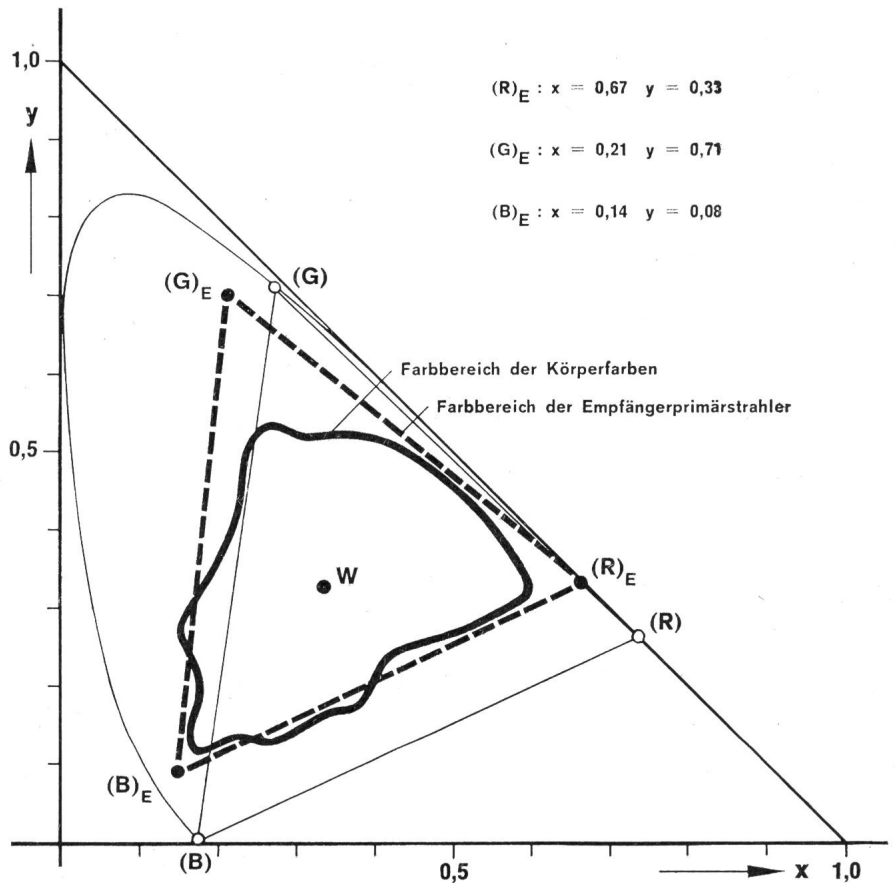


Fig. 2

Das hochfrequente Frequenzspektrum des Farbfernsehsignals

Das Helligkeitssignal verwendet die volle Bandbreite von 5 MHz. Für die Farbsignale wird eine wesentlich kleinere Bandbreite benötigt. Die Farbsignale sind mit einem Phasenunterschied von  $90^\circ$  einem Farbhilfsträger, dessen Frequenz ca. 4,4 MHz beträgt, aufmoduliert  
 $U$  Signalspannung;  $f$  Frequenz

alle möglichen Farbkombinationen. Man sieht, dass es für die Definition einer Farbe genügt, wenn zwei Farbkomponenten angegeben sind, beispielsweise die blaue und die rote Komponente. Diese Tatsache ist für die Übertragung des Farbsignals beim Fernsehen sehr wichtig. Die Farben des Sonnenspektrums liegen auf dem äusseren, dünn gezeichneten Kurvenzug, der von  $(B)$  über  $(G)$  nach  $(R)$  verläuft. Das Blau im Punkt  $(B)$  hat 380 nm Wellenlänge, das Grün im Punkt  $(G)$  545 nm und das Rot im Punkt  $(R)$  780 nm. 1 nm entspricht einer Länge von  $10^{-9}$  m.

Die Summe der drei Grundfarben  $1/3$  Blau +  $1/3$  Grün +  $1/3$  Rot gibt Weiss (Punkt  $W$  in Fig. 1). Für die Wiedergabe der Farben im Empfangsgerät müssen drei Primärstrahler gewählt werden, die sich in ihrer Intensität leicht steuern lassen, die nicht zu lange nachleuchten, wenn sie ausgeschaltet werden, und die einfach und exakt zu fabrizieren sind; ausserdem müssen die drei Strahler möglichst gleichen Wirkungsgrad aufweisen. Diesen Forderungen entsprechen Primärfarbenstrahler, für die folgende Koordinaten gelten:

- $(B)_E$   $x=0,14$   $y=0,08$
- $(G)_E$   $x=0,21$   $y=0,71$
- $(R)_E$   $x=0,67$   $y=0,33$

Neben der Farbinformation muss der Sender noch die Helligkeitsinformation aussenden. Das Frequenzspektrum, das für die Aussendung des Farbfernsehbildes benötigt wird (Fig. 2), ist 5 MHz breit, genau gleich wie beim Schwarz-Weiss-Fernsehen. Für das Helligkeitssignal wird die ganze Bandbreite von 5 MHz gebraucht. Für die Sendung der Farbinformation genügt eine wesentlich kleinere Bandbreite. Die zwei Farb-

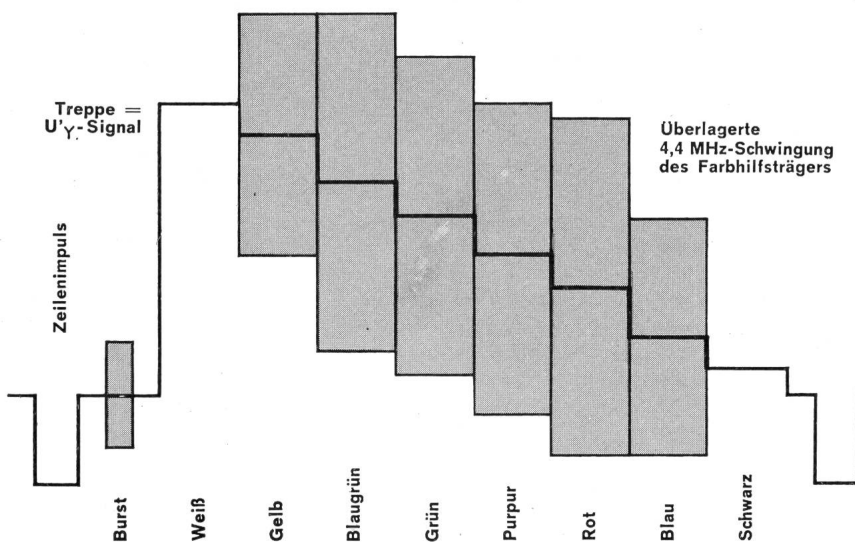


Fig. 3

Das Fernsehsignal einer Zeile eines Fernsehbildes  
Am Beginn des Signals liegt der Zeilenimpuls. Darauf folgt der Burst. Das daran anschliessende Signal erzeugt mit sinkender Helligkeit die Farben Weiss, Gelb, Blaugrün, Grün, Purpur, Rot, Blau und Schwarz

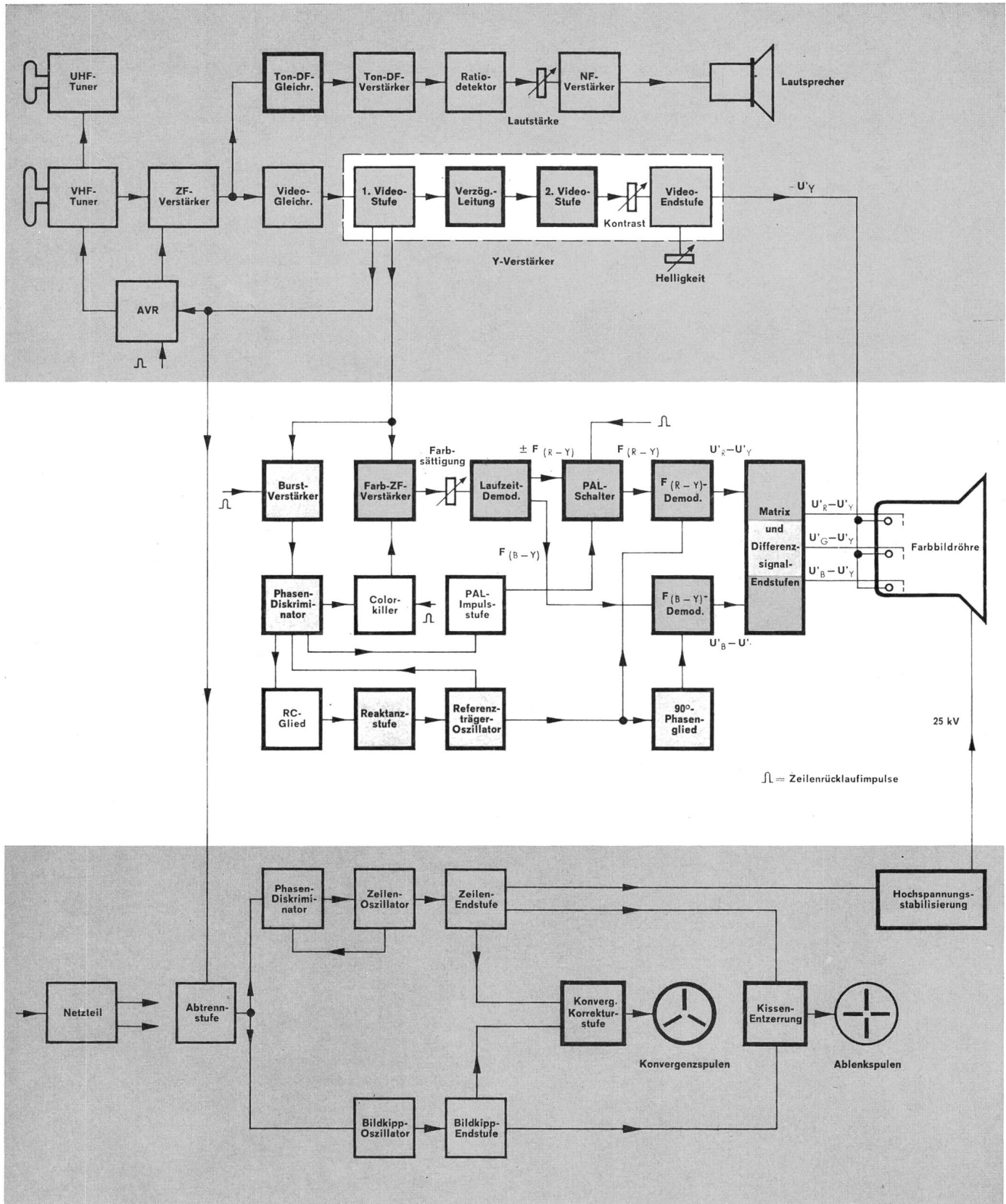


Fig. 4  
 Blockschema eines PAL-Farbfernsehempfängers  
 Erklärungen siehe im Text

signale werden einem Farbhilfsträger mit einem Phasenunterschied von  $90^\circ$  aufmoduliert. Die Frequenz des Farbhilfsträgers liegt zwischen zwei Harmonischen der Zeilenfrequenz und beträgt ca. 4,4 MHz.

Das Farbfernsehen nach dem NTSC-System hat sich in den USA vor allem während der letzten Jahre sehr stark verbreitet.

In Europa hat man an verschiedenen Orten versucht, das NTSC-System zu verbessern. Beim PAL-Verfahren (PAL bedeutet Phase Alternation Line), das neben anderen Staaten auch die Schweiz für ihre Farbfernsehungen verwenden wird, werden Phasenverschiebungen des übertragenen Signals, die zu Farbverfälschungen im Empfangsgerät führen können, korrigiert. Die PAL-

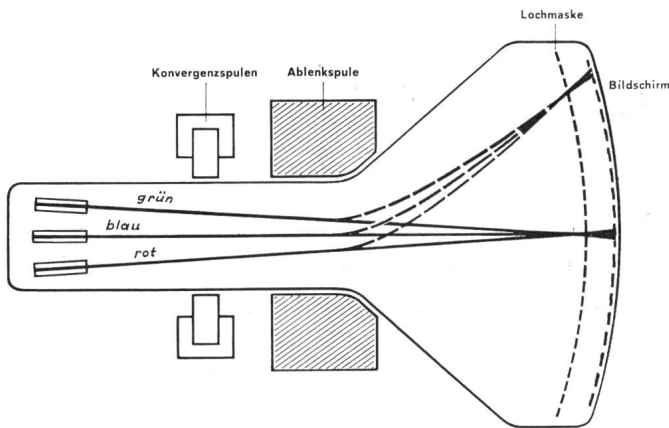


Fig. 5  
Prinzipieller Aufbau einer Farbbildröhre

Drei Elektronenstrahlen, die das grüne, blaue und rote Teilbild erzeugen, werden durch die Ablenkspulen über die Lochmaske geleitet. Sie treffen durch Löcher in der Lochmaske auf den Bildschirm, wo sie entsprechend der Intensität der Elektronenstrahlen blaue, grüne und rote Phosphorpunktchen zum Aufleuchten bringen. Konvergenzspulen sorgen für ein korrektes Laufen der Elektronenstrahlen über die Lochmaske

Methode bildet nur eine relativ kleine Ergänzung zum NTSC-System, bewirkt aber eine sehr gute Stabilisierung der Farbwiedergabe.

Das ausgesendete Signal einer Zeile eines Fernsehbildes, in der hintereinander weiss, gelb, blaugrün, grün, purpur, rot, blau und schwarz erscheinen, ist in Fig. 3 wiedergegeben. Die Helligkeit nimmt von links nach rechts ab. Dem Helligkeitssignal sind die Farbinformationen, die dem 4,4-MHz-Farbhilfsträger aufmoduliert sind, überlagert. Am Anfang der Zeile liegt der Zeilenimpuls, und unmittelbar darauf folgt der Burst, ein kurzer Impuls des Farbhilfsträgers, der unter anderem zur Synchronisierung des Referenz-Oszillators im Empfänger dient, worauf später zurückgekommen werden soll.

Das Blockschaema eines Farbfernsehempfängers für das PAL-System (Fig. 4) besteht aus drei Teilen, dem Ton- und Helligkeitssignalteil (oben), dem Farbsignalteil (mitte) und dem Bild- und Zeilenteil (unten). Die stark umrahmten Blockeinheiten sind speziell für den Farbfernsehempfang bestimmt. Nach dem ZF-Verstärker, der auf die Tuner folgt, wird das Video- und das Tonsignal getrennt. Das Tonsignal gelangt über den Tondifferenzgleichrichter, den Tondifferenzverstärker und den Ratiodetektor zum NF-Verstärker und Lautsprecher. Das Videosignal wird nach dem Videogleichrichter der 1. Videostufe zugeführt. Vom Ausgang dieser Stufe gehen Signale in fünf Richtungen:

1. Zur automatischen Verstärkungsregelung;
2. Zum Y-Verstärker oder Helligkeitssignalverstärker;
3. Zum Farb-ZF-Verstärker;
4. Zum Burstverstärker;
5. Zur Abtrennstufe.

Das Helligkeitssignal wird in einer Verzögerungsleitung um  $0,8 \mu\text{s}$  verzögert, verstärkt und den drei Kathoden der Farbbildröhre zugeführt. Das Helligkeitssignal muss verzögert werden, weil es sonst in der Bildröhre den Farbsignalen vorauslaufen würde.

Im Farbsignalteil werden nach der Verstärkung im Farb-ZF-Verstärker die Farbsignale im Laufzeitdemodulator, dem PAL-Schalter, den beiden Farbmodulatoren und der Matrix verarbeitet und drei Farbsignale, die im Sender miteinander verkoppelt worden waren, auseinandergelöst. Aus der Matrix gelangen die drei Farbsignale an die drei Gitter der Farbbildröhre. Das Burstsignal, das im Burstverstärker verstärkt wird, hat drei Aufgaben. Es dient:

1. Zur Synchronisierung des Referenzträger-Oszillators;
2. Zur Steuerung der PAL-Impulsstufe, die den PAL-Schalter betätigt;
3. Zur Steuerung des Colorkillers.

Wenn der Empfänger kein Signal erhält, ist der Farb-ZF-Verstärker durch den Colorkiller gesperrt. Wenn der Empfänger Schwarz-Weiss-Fernsehsignale empfängt, bleibt der Verstärker

gesperrt. Das Bild auf der Farbbildröhre erscheint farblos, also schwarz-weiß. Erst beim Eintreffen eines Farbfernsehsignals, das am Anfang einer Zeile (Fig. 3) den Burst beinhaltet, wird der Colorkiller durch den Burst ausser Funktion gesetzt und der Farb-ZF-Verstärker geöffnet, sodass er die Farbsignale passieren lassen kann.

Im Bild- und Zeilenteil werden die Ablenkspannungen für die Bild- und Zeilenfolge in der Farbbildröhre erzeugt und an die Ablenkspulen abgegeben. Dieser Teil enthält noch einige speziell für das Farbfernsehen benötigte Zusatzeinrichtungen. Die Hochspannung für die Farbbildröhre muss stabilisiert werden, und für die Steuerung der drei Elektronenstrahlen, die auf dem Bildschirm der Farbbildröhre die drei Grundfarben hervorrufen, werden die nötigen Korrekturspannungen erzeugt. Die Farbbildröhre (Fig. 5) ist ein hochpräzises Instrument. Man muss den Mut und den Optimismus der Techniker bewundern, die es sich zur Aufgabe gemacht haben, die Farbbildröhren für die Massenproduktion reif zu entwickeln. Diese Aufgabe ist ihnen in vollem Umfange gelungen. Auf dem Bildschirm der Farbbildröhre sind durch ein chemisches Verfahren ungefähr 1,2 Millionen Phosphorpunktchen von drei verschiedenen Sorten aufgetragen. Die Punktchen können durch einen Elektronenstrahl in blauer, grüner und roter Farbe zum Leuchten gebracht werden. Sie sind so angeordnet, dass immer ein blaues, ein grünes und ein rotes Punktchen auf dem Bildschirm ein winzig kleines Dreieck bilden. Hinter dem Bildschirm ist eine Lochmaske mit ca. 400 000 Löchern angebracht. Nun laufen die drei Elektronenstrahlen so über die Lochmaske, dass der «Blaustrahl» auf die blauen, der «Grünstrahl» auf die grünen und der «Rotstrahl» auf die roten Phosphorpunktchen trifft. In und um die Farbbildröhre mussten einige Korrektoreinrichtungen eingebaut werden, die dafür sorgen, dass die drei Elektronenstrahlen auch tatsächlich auf die Farbpunkt-

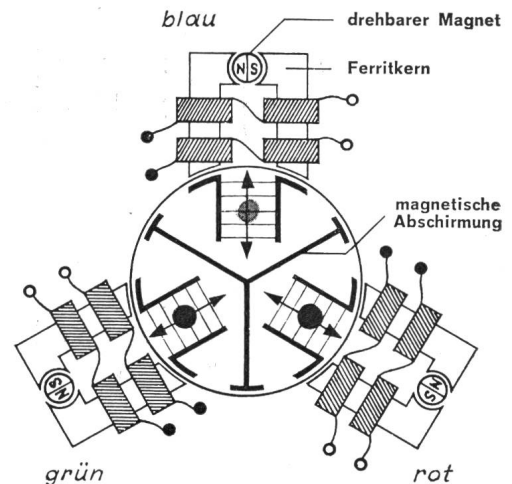


Fig. 6  
Anordnung der Konvergenzsysteme um den Hals der Farbbildröhre

Jedes der drei Konvergenzsysteme wirkt nur auf einen Elektronenstrahl. Durch das Justieren der drehbaren Magnete und durch die Signale, die den Wicklungen zugeführt werden, erhalten die Elektronenstrahlen ihre korrekte Führung über die Lochmaske

chen treffen, auf die sie treffen sollen. Einige solche Einrichtungen zeigt Fig. 6. Es sind die Konvergenzsysteme, die bewirken, dass die drei Strahlen auf ein und dasselbe Loch der Lochmaske treffen. Weitere solche Korrektoreinrichtungen sind der Blauschiebemagnet und der Farbeinheitmagnet. Die Elektronenstrahlen müssen eine Nord-Süd- und eine Ost-West-Korrektur erhalten, dass keine sog. Kissenverzerrungen entstehen, und dass die Farbwiedergabe über der ganzen Bildfläche richtig ist. Am Beginn des Farbfernsehens in den USA war das Justieren aller dieser Korrekturen eine heikle und zeitraubende Arbeit. Durch die mehr als zehnjährige Erfahrung in den USA konnten die Korrekturmassnahmen so perfektioniert werden, dass die Abgleicharbeiten für das Bild eines Farbfernsehempfängers heute nicht schwieriger sind als das Abgleichen der Bildgeometrie eines Schwarz-Weiss-Fernsehgerätes.

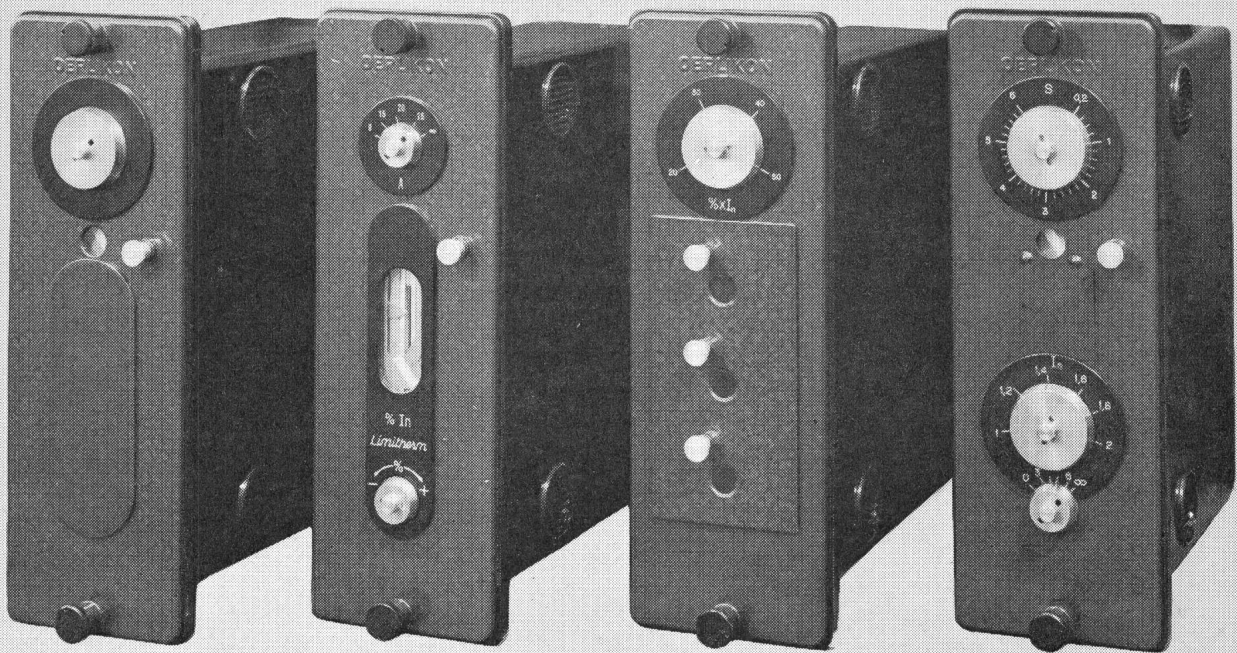
H. Gibas



# Relais

schützen und überwachen  
jede Art von  
elektrischen Anlagen

Generatorschutz  
Transformatorschutz  
Sammelschienenschutz  
Leitungsschutz usw.



Steckgehäuse, dadurch einfachste  
Kontrolle ohne Lösen der Verbin-  
dungen. Uebersichtliche Skalen.  
Grosse Ansprechgenauigkeit.  
Hohe thermische und dynamische  
Kurzschlussfestigkeit.

# Oerlikon



Maschinenfabrik Oerlikon  
8050 Zürich





## Beleuchten Sie wirtschaftlich?

**NEU!**



**Treppenhaus-  
automat G3**

Oder haben Sie das Gefühl, der Aufwand an Strom (und damit auch an Geld) sei unverhältnismässig gross? Dann versuchen Sie es doch einmal mit einem Treppenhausautomaten.

Aber nicht mit irgendeinem, sondern mit dem neuen SAIA-Treppenhausautomaten **G3**. Er beschränkt in den nur kurzzeitig zu beleuchtenden Räumen die Beleuchtungsdauer je nach Wunsch auf 2, 3 oder 4 Minuten. Der Treppenhausautomat **G3** ist in verschiedenen Ausführungen erhältlich: Mit Schliess- oder Umschaltkontakt, 6 A, 220 V; mit Handschalter für Kurz- und Dauerbeleuchtung oder Sperrung.



**SAIA AG  
Murten  
Tel. 037 7 31 61**