

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 57 (1966)  
**Heft:** 5  
  
**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:** 09.01.2026

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

# Nachrichten- und Hochfrequenztechnik — Télécommunications et haute fréquence

## Kurzzeitstabilität von Oszillatoren

621.373 : 621.3.016.35

[Nach E. J. Baghdady, R. N. Lincoln und B. D. Nelin: Short-Term Frequency Stability: Characterization, Theory, and Measurement. Proc. IEEE 53(1965)7, S. 704...722]

Die Kurzzeitstabilität der Frequenz von Oszillatoren gewinnt an Bedeutung bei Zeit- und Frequenznormalen, in der Frequenzsynthese, bei Übermittlungsgeräten und bei Zielverfolgungsanlagen. Gegenwärtig herrscht noch keine einheitliche Linie bei Diskussionen über die Kurzzeitstabilität, über die Bedeutung dieses Terms, über den Grund, warum hohe Stabilität benötigt wird, über die Charakterisierung, die Analyse und die Messung der Unstabilität sowie über ihre Wirkung bei der Anwendung von Oszillatoren für verschiedene Zwecke. Die Oszillatorunstabilität lässt sich charakterisieren durch das Fluktuieren der Amplitude, der Phase und der Frequenz der Oszillatorspannung oder durch die Struktur des Spektrums der Ausgangsspannung. An der Unstabilität eines Oszillators können seine Frequenz, die Phase, die Amplitude und das Spektrum der Oszillatorspannung beteiligt sein. Es können alle diese Effekte gemeinsam oder einzeln für sich in Erscheinung treten.

Bei einem elektronischen Zielverfolgungsgerät (Fig. 1) wirkt sich eine Frequenzunstabilität des Oszillators sehr störend aus. Ein Signal wird beispielsweise zur Zeit  $t$  ausgesendet, vom Ziel reflektiert und zur Zeit  $t + t_d$  wieder empfangen. Aus der Zeitdifferenz

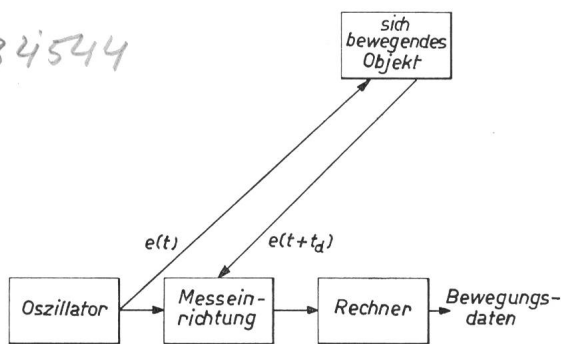


Fig. 1

### Prinzipielle Wirkungsweise eines Zielverfolgungsgerätes

Aus der Zeitdifferenz  $t_d$  zwischen der Aussendung und der Rückkehr des Signals  $e$  kann man auf den Standort und die Bewegung des sich bewegenden Objektes schliessen

$t_d$ , die durch Phasenvergleich ermittelt werden kann, erhält man die Distanz des Zieles. Es ist klar, dass der Messwert sehr unsicher wird, wenn die Frequenz des Oszillators nicht stabil ist. So wie bei Zielverfolgungsgeräten ist der Effekt der Oszillatorunstabilität bei allen Einrichtungen sehr störend, bei denen Phasenvergleichsmessungen einer Oszillatorspannung zu verschiedenen Zeiten ausgeführt werden müssen. Die Oszillatorunstabilität beeinträchtigt das Auflösungsvermögen dieser Geräte in gleichem Masse, wie das Rauschen die Empfindlichkeit von Empfängern. Für die Messung der Kurzzeitstabilität von Oszillatoren bestehen verschiedene Messmethoden. Die Genauigkeit der Messungen ist begrenzt.

H. Gibas

### Wellenwiderstand eines flachen Leiterpaares mit Zwischenisololation

621.317.343

[Nach Harold A. Wheeler: Transmission-Line Properties of Parallel Strips Separated by a Dielectric Sheet. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, MTT-13(1965)2, S. 172...185]

Gedruckte Schaltungen haben beim Bau elektronischer Geräte grosse Verbreitung gefunden. Auch eine Übertragungsleitung für elektrische Energie mit sehr hohen Frequenzen bzw. sehr kurzen Wellenlängen kann in Form einer gedruckten Schaltung ausgeführt werden. Die Übertragungsleitung besteht in diesem

Falle aus zwei Streifen sehr dünner Kupferfolie, die durch eine Isolierplatte voneinander getrennt sind (siehe Fig. 3 oben rechts). Die Breite der Leiter beträgt  $2a$ , ihr gegenseitiger Abstand, der mit der Dicke der Isolierplatte identisch ist,  $2b$ . Die Dielektrizitätskonstante des Isoliermaterials ist  $k$ . Der Wellenwiderstand

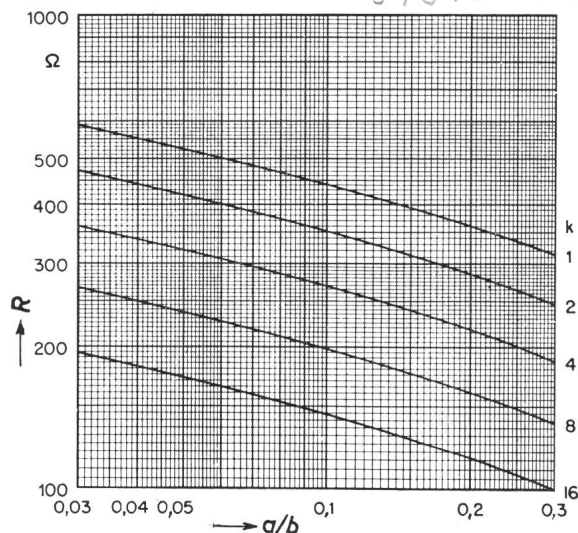


Fig. 1

Wellenwiderstand  $R$  eines schmalen Leiterpaares  
 $a/b$  Verhältnis von Leiterbreite zu Leiterabstand  
 $k$  Dielektrizitätskonstante

eines solchen Leiterpaares ist aus den Kurvenscharen Fig. 1...3 zu entnehmen. Bei der Berechnung der Kurvenscharen wurde angenommen, dass die Leitfähigkeit des Leitermaterials sehr gross und die Verluste des Isoliermaterials vernachlässigbar klein seien. Die Diagramme gelten nicht nur für die Ausführung einer Übertragungsleitung in Form einer gedruckten Schaltung, sondern ganz allgemein für alle Übertragungsleitungen, deren zwei streifenförmige Leiter durch einen Isolator voneinander getrennt sind.

Auf der Abszisse des Diagramms ist das Verhältnis  $a/b$ , also das Verhältnis der Leiterbreite zum Leiterabstand aufgetragen. Auf der Ordinate kann der Wellenwiderstand des Leiterpaares abgelesen werden. Die Dielektrizitätskonstante  $k$  des Isolier-

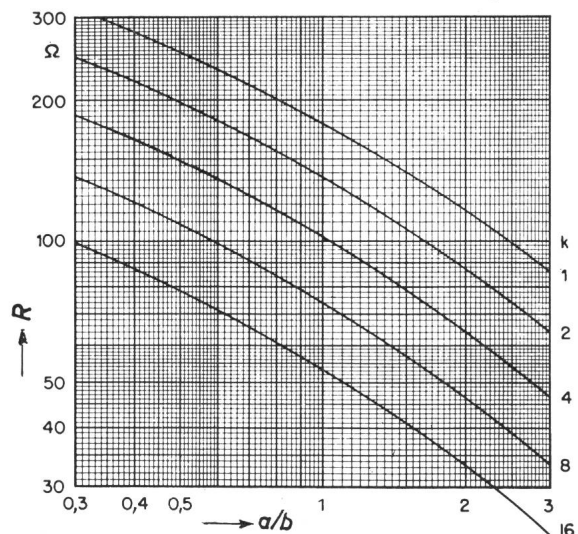


Fig. 2

Wellenwiderstand  $R$  eines mittelbreiten Leiterpaares  
Erklärungen siehe Fig. 1

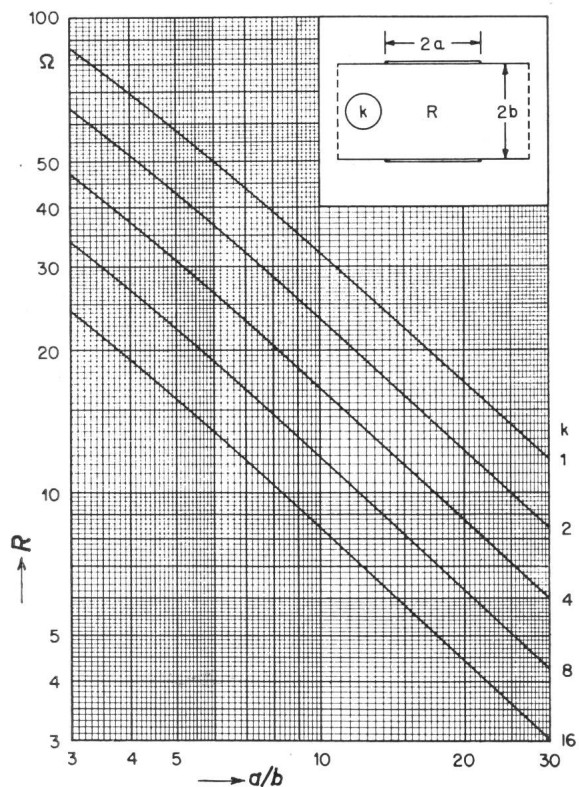


Fig. 3  
Wellenwiderstand  $R$  eines breiten Leiterpaares  
Erklärungen siehe Fig. 1

materials bildet den Parameter für die Kurvenschar. Ihre Werte betragen 1, 2, 4, 8 und 16. Fig. 1 gilt für sehr schmale Leiterpaare, bei denen die Breite klein im Vergleich zu ihrem Abstand ist, Fig. 2 für mittlere Leiter, bei denen kein allzu-grosser Unterschied zwischen Breite und Abstand besteht, und Fig. 3 für sehr breite Leiter mit relativ kleinem Abstand.

Die Kurvenscharen geben den Wellenwiderstand im Bereich 3...600  $\Omega$  an. Aus den Kurven kann man sofort den Wellenwiderstand eines Leiterpaares ablesen, wenn seine Abmessungen sowie die Dielektrizitätskonstante des Isoliermaterials bekannt sind. Andererseits kann man für einen bestimmten Wellenwiderstand die Leiterbreite ermitteln, wenn die Dicke und die Dielektrizitätskonstante des Isoliermaterials gegeben sind.

H. G.

### Das seitlich ausleuchtende Radar

621.396.965.25  
(Übersetzung)

Das seitlich ausleuchtende Radar (SLR) überwindet zwei der Nachteile des kreisflächenbestreichenden Radars: die auf den aus einer kleinen Antenne stammenden breiten Strahl zurückzuführende schlechte Auflösung und den geringfügigen Gewinn an Rauschabstand durch die Video-Integration auf dem Sichtgerät.

Die Antenne eines SLR kann beinahe so lang wie der Flugzeugrumpf sein, so dass die resultierende schmale Azimutal-Strahlbreite eine gute Auflösung in der Flugrichtung gewährleistet. Zusätzlich reflektiert jedes Bodenelement bei seinem Durchgang durch den Strahl eine zu grosse Anzahl von Signalen, die nach Demodulation zur Aufzeichnung der Radarinformation auf photographischem Film übertragen werden, und da dieser Film effektiv ein linearer Integrator ist, wird das Signal-Rausch-Verhältnis und damit die Bildqualität spürbar verbessert.

#### Video-Integration

Im Betrieb wird ein kurzer Energieimpuls ausgestrahlt, um einen schmalen, durch die azimutale und die vertikale Strahlbreite der Antenne umschriebenen Bodestreifen (Fig. 1) abzutasten. Der maximale Tiefenwinkel beträgt annähernd  $45^\circ$  und die vertikale Strahlenbreite wird entsprechend der Flughöhe des Flugzeuges so reguliert, dass einige Kilometer Boden erfasst werden können.

Die von dem Bodestreifen zum Radar zurückkehrenden Signale werden auf einem Kathodenstrahlrohr (CRT) als ein intensitätsmoduliertes Abtastungsbild sichtbar gemacht und ungefährt im Maßstab 1:1 auf einen photographischen Film übertragen (Fig. 2). Die Breite der auf dem Film abgebildeten Linie ist der halbwertigen Linear-Azimutal-Strahlbreite der Radarantenne auf eine Distanz von der halben Breite des abgetasteten Bodestreifens äquivalent. Der Registrierfilm rückt um eine Strecke vor, welche der Bildbreite während der Zeit  $t$  entspricht, welche ein Bodenelement benötigt, um infolge der Bewegung des Flugzeuges den Radarstrahl zu passieren. Während dieses Intervalls kann die lineare Integration des Signals auf dem Film das Signal-Rausch-Verhältnis um  $n$  verbessern, wobei  $n$  die Zahl der ausgestrahlten und empfangenen Impulse ist. Um einen solchen Wert zu erreichen, müssen die Länge des Radarimpulses und die Azimutal-Strahlbreite auf den Durchmesser des Leuchtflecks der Kathodenstrahlröhre und dessen entsprechende Abbildung auf dem Registrierfilm abgestimmt werden.

#### Antenne

Die wahrscheinlich am besten für SLR geeignete Antenne ist das lineare System, das durch Einschnitten von Schlitten in Abständen von annähernd einer halben Wellenlänge in die Schmalseite eines rechteckigen Wellenleiters hergestellt wird (Fig. 3).

Energie wird in ein Ende des Leiters eingespeist und sickert durch die Schlitzte aus, wobei eine kleine Energiemenge übrig bleibt, die von einem Lastwiderstand am Ende des Leiters absor-

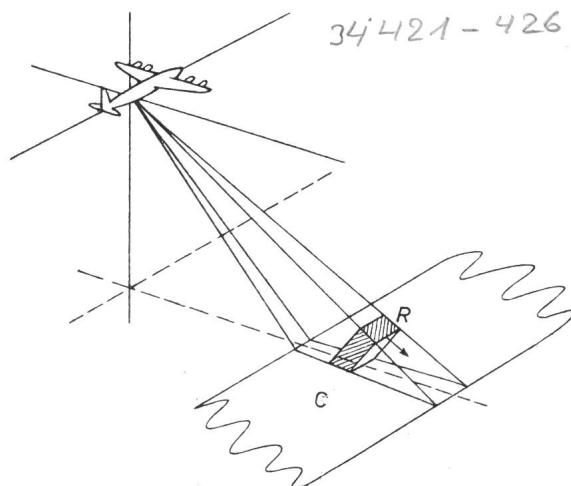


Fig. 1  
Das Prinzip des seitlich ausleuchtenden Radars  
 $R$  Radarimpuls;  $C$  abgetasteter Bodestreifen

biert werden muss. Die Kopplung der Schlitzte im Leiter wird durch die Neigung der Schlitzte gesteuert, um die Energieabnahme innerhalb des Leiters gegen das entgegengesetzte Ende hin zu kompensieren.

Um eine annehmbare Bandbreite zu erreichen, werden die Schlitzte in einem Abstand von etwas mehr als einer Wellenlänge zueinander angeordnet, so dass die Antenne nichtresonierend ist und deshalb das Strahlungsdiagramm gegenüber der Normalen

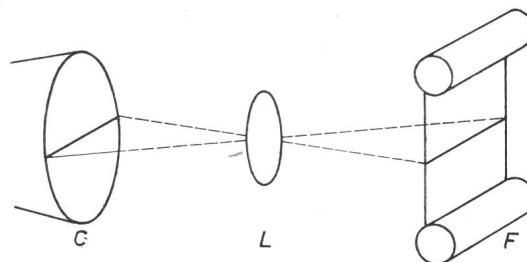


Fig. 2  
Die Radarsignale werden auf einem Kathodenstrahlrohr sichtbar gemacht und kinematographisch aufgenommen  
 $C$  intensitätsmoduliertes Kathodenstrahlrohr;  $L$   $F \times 4$ -Linse, Übertragung 1:1;  $F$  kontinuierlich laufender Film

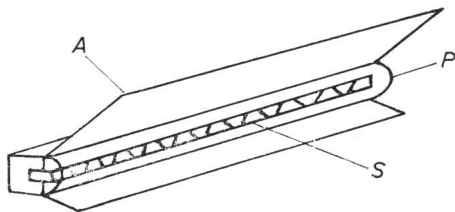


Fig. 3

Für das seitlich ausleuchtende Radar geeignetes Antennensystem  
A asymmetrisches Horn; P Druckdichtung; S geschlitzter Wellenleiter

zum Antennensystem mit einer Neigung von einigen Grad «schießt». Der Schielwinkel kann durch Veränderung der Betriebsfrequenz variiert werden, was eine Möglichkeit zur Kompensation der Flugzeugversetzung bietet, die sonst eine Verzerrung des Radarbildes verursachen würde.

Das vertikale Strahlungsdiagramm muss so breit sein, dass es den Boden in der gewünschten Breite abtastet, und muss gleichzeitig die Form aufweisen, um die vom Winkel abhängige Distanzvariation zu kompensieren. Diesen beiden Erfordernissen kann mit einem asymmetrischen Horn entsprochen werden.

#### Das photographische Registriergerät

Für die Aufzeichnung eines Bodenstreifens von vielleicht 20 km Breite sind eine Radarimpulslänge von  $0,15 \mu s$  und eine Antennen-Azimalstrahlbreite von etwa 2,5 Milliradian erforderlich.

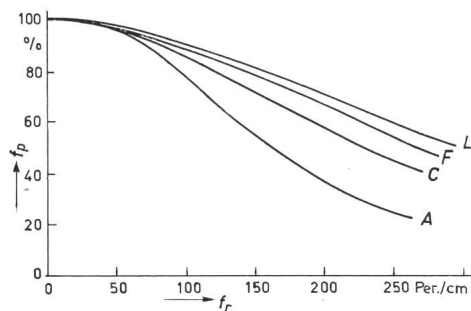


Fig. 4

#### Räumliche Frequenzgänge der wichtigsten Elemente

$f_p$  prozentualer Frequenzgang;  $f_r$  räumliche Frequenz; L Linse; C Kathodenstrahlrohr; A kombinierter Frequenzgang; F Film

Ein typisches Registriergerät würde z. B. ein Kathodenstrahlrohr von 75 mm Durchmesser mit einem feinkörnigen Zinkoxyd- oder Bleisulphidleuchtschirm aufweisen, von welchem das Bild durch eine F.4-Linse im Maßstab 1:1 auf 70-mm HP3-Film übertragen würde. Der gesamte räumliche Frequenzgang des Registriergerätes darf über die Filmbreite von 70 mm nicht weniger als 800 Perioden oder pro Zentimeter nicht weniger als annähernd 115 Perioden betragen, und die Frequenzgänge der Bestandteile des Registriergerätes müssen diesen Wert übersteigen, wenn diesem Erfordernis genügt werden soll.

Der Ausdruck «räumlicher Frequenzgang» bezieht sich auf die Anzahl der Informationsperioden, die registriert werden können. Er bietet eine bessere und zweckmäßigere Möglichkeit für die Spezifikation der Auflösungseigenschaften von photographischen Elementen als die übliche Methode der Linien pro cm, die von einer Bewertung des Kontrastes begleitet sein muss. Der maximale Kontrast tritt offensichtlich dann ein, wenn die Anzahl der Informationsperioden über das Bild hinweg

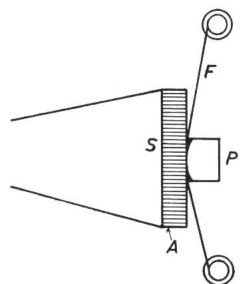


Fig. 5

Ein glasfaseroptisches Fenster überträgt das Bild vom Kathodenstrahlrohr-Leuchtschirm auf die Aussenfläche des Schirmes

S Kathodenstrahlrohr-Leuchtschirm; F Film; P Andrückkissen; A parallele Glasfasern

Fortsetzung auf Seite 221

klein ist. Bei zunehmender Anzahl nimmt der Kontrast zwischen benachbarten Bildelementen infolge der begrenzten Auflösungsfähigkeit des Registriergerätes ab. Es ist zweckmäßig, wenn man den sehr tiefen Frequenzgang als einen Modulationsindex von 100 % spezifiziert und als Leistungskriterium für andere räumliche Frequenzen verwendet.

Die Hauptelemente des photographischen Registriergerätes sind das Kathodenstrahlrohr, die Projektionslinse und die Filmemulsion, deren räumliche Frequenzgänge in Fig. 4 gezeigt werden. Daraus ist ersichtlich, dass diese Frequenzgänge die Form einer Gausschen Kurve aufweisen, so dass deren kombinierter Frequenzgang die gleiche Form hat und sich leicht schätzen lässt. Ein nützlicher Anhaltspunkt für die Leistung von Registrierelementen ist der Durchschnittswert oder die räumliche Frequenz, bei welcher der Frequenzgang auf 60 % des Frequenzwertes Null sinkt.



Fig. 6

#### Ein entwickeltes SLR-Bild

Mit einem Kathodenstrahlrohr lässt sich ein sehr kleiner Leuchtfleck erzeugen, wenn man eine hohe Beschleunigungsspannung verwendet und zur Verminderung der Lichtfleckhelligkeit den Strahlstrom reduziert. Keine dieser beiden Lösungen ist besonders ansprechend — die erste aus offensichtlichen Gründen, und die zweite, weil sich auch bei Verwendung einer grobkörnigen Emulsion die maximale Dichte des Filmes nur unter Schwierigkeiten erreichen lässt. Ein weiterer Nachteil besteht in der schwachen Auflösung der grobkörnigen Filme. Eine Lösung für die meisten dieser Probleme bietet das mit einem glasfaseroptischen Fenster versehene Kathodenstrahlrohr, bei welchem das Fenster das aufzuzeichnende Abbild vom Leuchtschirm auf die Aussenfläche der Kathodenstrahlröhre überträgt (Fig. 5). Wenn der Film in ständigem Kontakt mit dem Ende des Rohrs gehalten wird, steigert sich die Menge des vom Kathodenstrahlrohr-Leuchtschirm übertragenen Lichtes gegenüber dem in Fig. 2 gezeigte F.4-System um etwa zwei Größenordnungen.

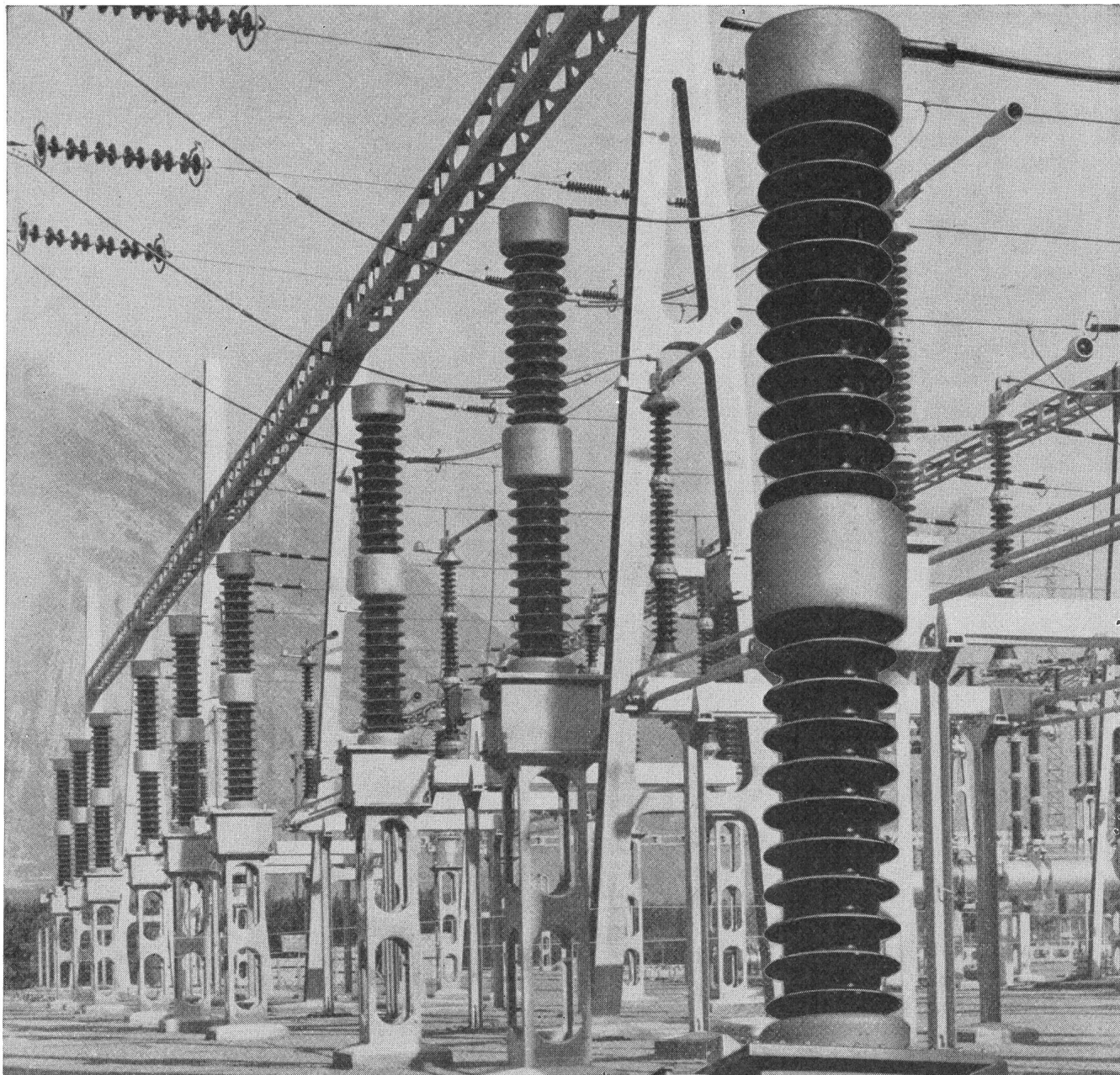
#### Radarbilder

Fig. 6 zeigt ein typisches SLR-Bild. Solche Bilder können im Flugzeug selbst mit einer Schnellentwicklungseinheit in wenigen Sekunden oder auch nach der Landung mit normaler Entwicklungsausrüstung hergestellt werden. Eine Kamera kann ohne weiteres 15 m 70-mm-Film aufnehmen, was bei einem Maßstab von 200 000 : 1 die Registrierung von ungefähr 3000 km Flugweg bei einer Auflösung von 15 m ermöglicht.

J. Highcock, England

Suite à page 221





## Kapazitive Spannungswandler

Nebst Tausenden von Kopplungskondensatoren sind grosse Serien unserer kapazitiven Spannungswandler in Europa und Übersee in Betrieb. Nennspannung 73...750 kV. Nennkapazität 10 000...2000 pF. Messleistung 200 VA, Klasse 0,5.

Bild oben: Kapazitive Spannungswandler vom Typ WP 300 R1 im Unterwerk von Chamoson (E.O.S.). 220 kV Betriebsspannung.

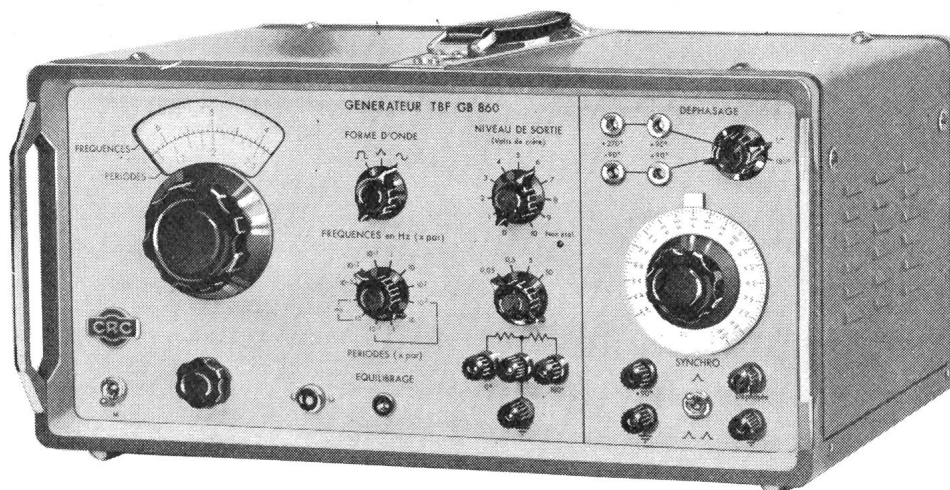
Verlangen Sie bitte zu Ihrer Dokumentation unseren Prospekt X 106 SB.

**Micafil AG Zürich**

# GB 860

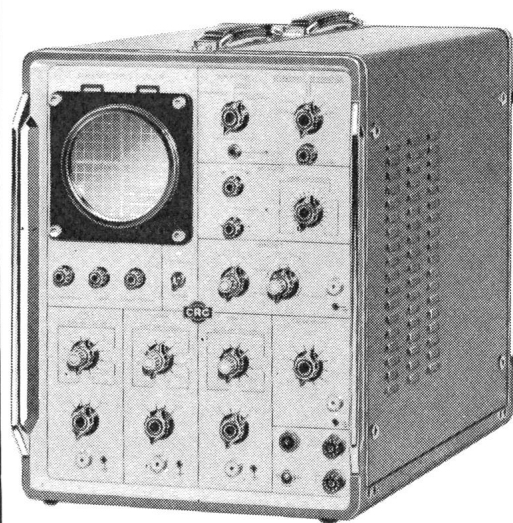
Generator sehr niedriger Frequenz für Servosteuerungen : 1 Periode in 1000 Sekunden. Sinus-Dreieck- und Rechtecksignale, die in der Phase verschiebbar sind. Phasenmessung  $\pm 1^\circ$ .

CRC10B005



# OCM 526

Speicheroszillograph. 3 Eingangsverstärker. Von Gleichstrom bis 0,8 MHz. Fernsteuerung zur Oszillographie von Leitungstörungen. Eichung in Spannung und Frequenzen. Sofortige Löschung, auch ferngesteuert.



Constructions Radioélectriques et Electroniques du Centre  
**TOCHTERGESELLSCHAFT DER COMPAGNIE DES COMPTEURS**

**CRC**

Vertretung für die Schweiz

**COMPAGNIE DES COMPTEURS S.A.**

Genf - Case Aire 10 - Postfach Aire 10 - tel. 022 / 33 54 40