Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 52 (1961)

Heft: 25

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: 10.07.2025

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

Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

Das Kraftwerk Tavanasa in Graubünden

621.311.21(494.262.6)

An einem herrlich schönen Herbsttag bot die Nordostschweizerische Kraftwerke AG (NOK) Gelegenheit, das im Bau befindliche Kraftwerk Tavanasa, eine der Anlagen der «Kraftwerke Vorderrhein AG» zu besichtigen.

Das Kraftwerk Tavanasa liegt am Ende eines komplizierten Wasserfassungssystems, dessen Einzugsgebiet rund 320 km² beträgt. Das Kernstück des Versorgungssystems bildet der Stausee Nalps (auf Kote 1908) mit einem Nutzinhalt von $45 \cdot 10^6$ m³ Wasser (Fig. 1). Die Staumauer des Sees ist bereits erstellt und 1962 wird mit dem Bau der Staumauer des 2. Stausees, jenes von Curnera, begonnen. Dieser liegt auf Kote 1956 und wird einen Nutzinhalt von $40 \cdot 10^6$ m³ aufweisen. Als letztes der drei geplanten Speicherbecken soll der Stausee Sta. Maria in Angriff genommen werden, mit dessen Staumauer 1964 begonnen wird. Dieser Stausee mit einem Speichervermögen von $70 \cdot 10^6$ m³ wird der grösste unter den drei Staubecken sein. Seine Staukote entspricht derjenigen von Nalps.

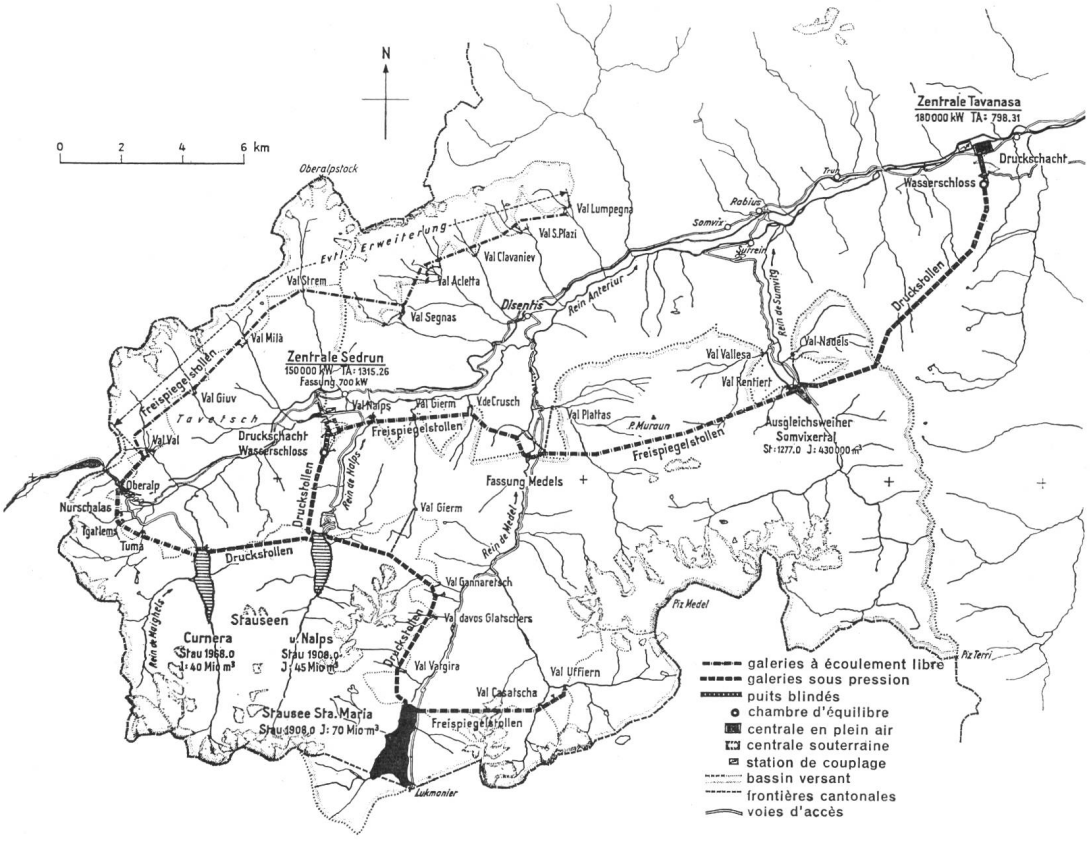


Fig. 1
Lageplan der Kraftwerke Vorderrhein

Um das Einzugsgebiet der Stauseen zu vergrössern, werden im Endausbau die Gewässer bis zum Val Val und Val Uffiern durch Freistiegelstollen in die Stauseen von Curnera bzw. Sta. Maria geleitet, die ihrerseits durch Druckstollen mit dem Stausee Nalps verbunden sind (Fig. 2). Von da aus fliesst das Wasser durch Druckstollen in das Kavernenkraftwerk Sedrun, welches mit drei Maschinengruppen bei einem mittleren Nettogefälle von 550 m nach Fertigstellung aller drei Stufen im

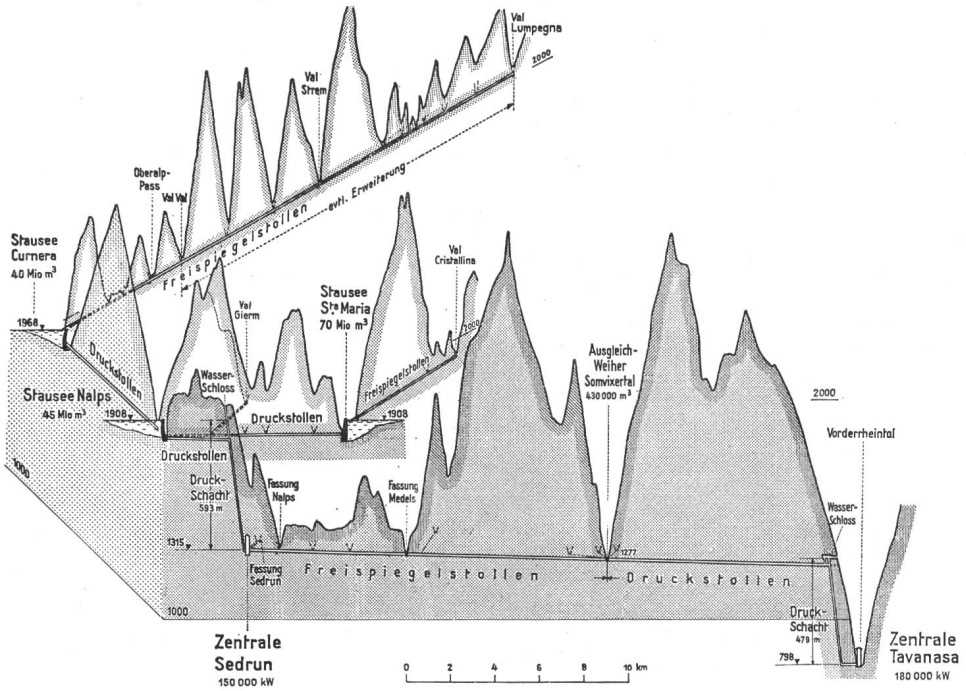


Fig. 2
Längenprofil der Kraftwerke Vorderrhein

Jahresmittel $221 \cdot 10^6$ kWh Winter- und $35 \cdot 10^6$ kWh Sommerenergie erzeugen wird.

Vom Kraftwerk Sedrun wird das Wasser wieder in Freispiegelstollen bis zum Ausgleichweiher im Somvixertal geführt. Dieser Stollen erfasst nicht nur das in Sedrun verarbeitete Wasser, sondern auch die Wassermengen des Vorderrheins und mehrere Seitenbäche. Dazu kommt noch oberhalb der Römerbrücke bei Curaglia das Wasser des Medelserrheins. Das Ausgleichbecken hat einen Nutzinhalt von $430 \cdot 10^3$ m³. Den Abfluss des Weihers bildet ein Druckstollen, der im Wasserschloss des Kraftwerkes Tavanasa endet. Von hier aus führt ein Druckschacht das Wasser über 479 m Höhenunterschied zu den Turbinen des Kraftwerkes Tavanasa am Vorderrhein.

Das Maschinenhaus selbst (Fig. 3 und 4) liegt am Fusse des rechten Talhanges des Vorderrheins etwa 1 km flussaufwärts des Dorfes Tavanasa. Bevor das Wasser in die Turbinen gelangt, passiert es die Schieberkammer (Fig. 5). Darin ist jede Turbinenleitung mit einem modernen Kugelschieber versehen. Dieser ist so ausgebaut, dass bei einem Defekt des turbinenseitigen Dichtungsringes oder bei Revision des Schiebers oberwasserseitig ein Revisionssitz angepasst werden kann, der den normalen Dichtungsring entlastet und zur Revision frei gibt.

Im Maschinensaal sind 4 horizontalachsige Hauptmaschinengruppen aufgestellt. Diese bestehen je aus einem Drehstrom-Synchrongenerator, angetrieben durch 2 zweidüsige Peltonturbinen, deren Laufräder fliegend auf den beiden Enden der Generatorwelle sitzen. Die Nenndaten sind in der Zusammenstellung am Schluss des Artikels aufgeführt.

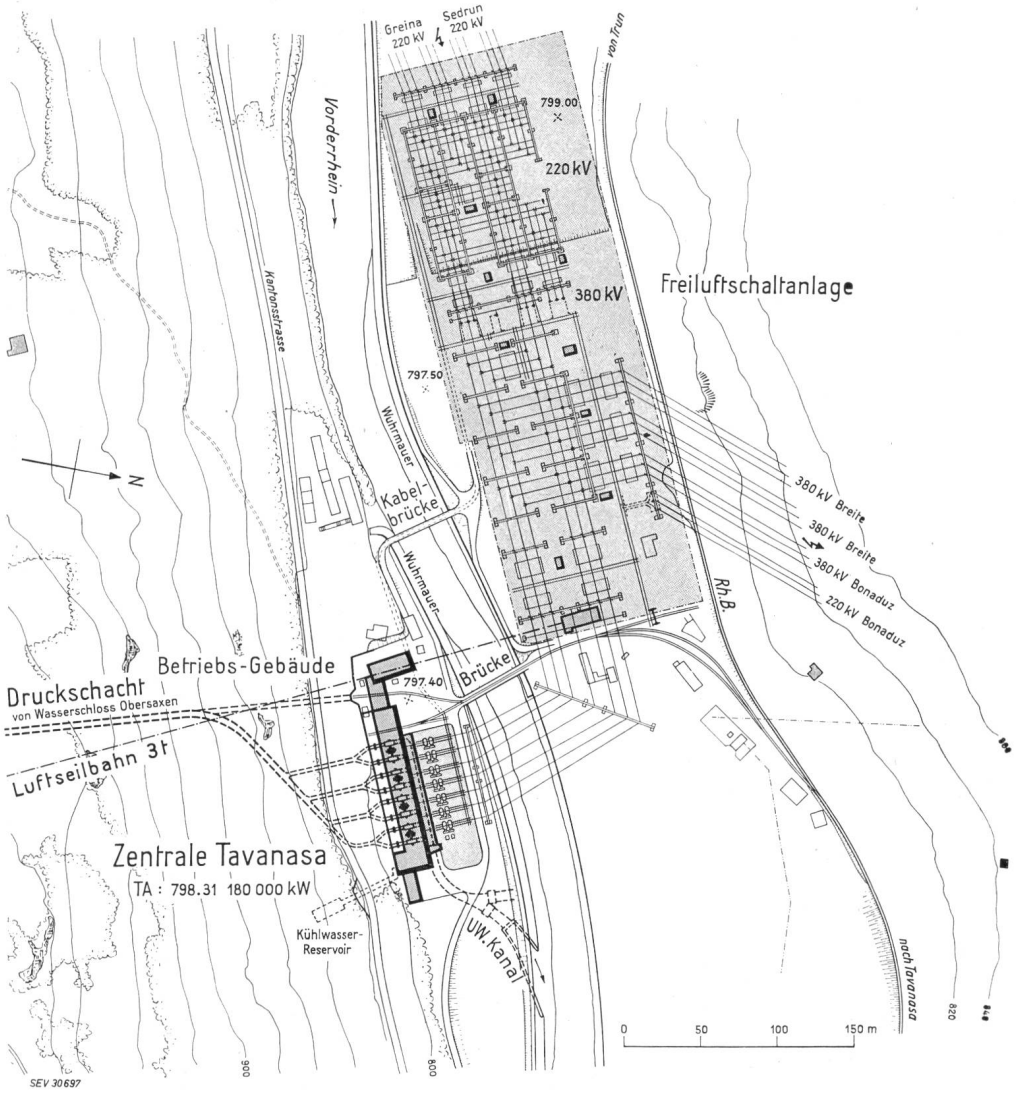


Fig. 3
Lageplan des Maschinenhauses und der Freiluftschaltanlage des Kraftwerkes Tavanasa

Die Montage der Generatoren ist praktisch beendet, jene der Turbinen in stark fortgeschrittenem Stadium.

Von den Generatoren fliesst die Energie über die Generatorenschaltanlage zu den auf der Flußseite des Maschinenhauses im Freien aufgestellten Transformatoren. Es sind 7 einzelne Transformatorpole installiert, von denen 6 zu 2 dreiphasigen Gruppen zusammengeschaltet sind. Der dazwischen stehende Reservepol kann elektrisch an Stelle jedes in Betrieb stehenden Poles geschaltet werden, ohne den Platz zu wechseln. Aus Platzgründen sind die Transformatoren mit Wasserkühlung versehen, deren Kühler frostsicher im Untergeschoss des Maschinenhauses aufgestellt sind. Jede Transformatoren-

Fig. 4
Das Maschinenhaus mit dem Verwaltungsgebäude

gruppe besitzt 2 elektrisch voneinander getrennte Unterspannungswicklungen (13,5 kV), auf die je ein Generator arbeitet. Die Oberspannungswicklung in Autotransformatorschaltung hat Hochspannungsanschlüsse für 220 und 380 kV, ihr Nullpunkt ist starr geerdet. Später, bei Aufnahme des 380-kV-Betriebes, kann durch zusätzliche Regulierpole das Übersetzungsverhältnis auf der 220-kV-Seite verändert werden.

sammelschiene können weitere 5 Leitungsfelder angeschlossen werden (Verbindungen talaufwärts nach Sedrun und Greina-Blenio sowie talabwärts nach Bonaduz). Die 380-kV-Anlage ist mit blanken Leitungen an die Transformatoren angeschlossen. Von den drei Leitungsfeldern führt eines ebenfalls nach Bonaduz, die beiden anderen über eine noch zu bauende Leitung direkt nach dem Unterwerk Breite bei Winterthur.

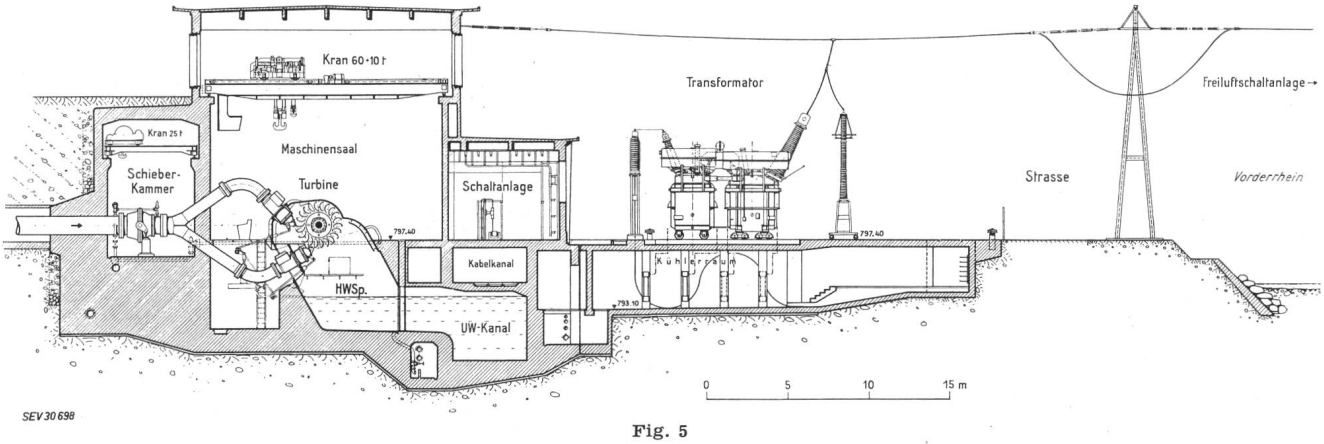


Fig. 5
Querschnitt durch das Maschinenhaus des Kraftwerkes Tavanasa

Die Transformatoren übernehmen die von den Generatoren erzeugte Energie (pro Transformatorengruppe 2 × 60 MVA) und übersetzen deren Spannung je nach Bedarf auf 220 und später auch auf 380 kV. In einigen Jahren werden die wenigen zur Verfügung stehenden Leitungen von Graubünden die nötige Energie nach dem Mittelland nicht mehr mit einer Spannung von 220 kV übertragen können, sondern müssen allmählich auf 380 kV umgestellt werden. Dann können die Transformatorengruppen in Tavanasa pro Gruppe weitere 280 MVA mit einer Spannung von 220 kV von benachbarten Kraftwerken übernehmen und auf 380 kV übersetzen. Zusammen mit der Generatorenleistung weist jede Transformatorengruppe eine Leistung von 400 MVA bei einer Spannung von 380 kV auf.

Die Freiluftschaltanlage (Fig. 6) auf der linken Seite des Rheins ist wegen der durch die hohen Spannungen bedingten grossen Abstände sehr weitläufig (etwa 120 × 400 m). Ihre Anordnung im engen Raum zwischen Rhein und Rhätischer Bahn war nicht leicht. Der 220-kV-Teil der Anlage steht über 220-kV-Ölkabel mit den Transformatoren in Verbindung. An die Doppel-

Vorläufig wird die ganze Schaltanlage mit 220 kV in Betrieb genommen. Der Übergang auf 380 kV ist schrittweise, je nach Bedürfnis, möglich.

Bemerkenswert sind die in der Anlage aufgestellten Relaishäuschen, welche für je zwei Felder alle Schutz- und Mess-Apparate sowie eine örtliche Steuermöglichkeit für die Schalter enthalten. Die langen Verbindungskabel zum eigentlichen Kommandoraum werden über Messwertformer angeschlossen und können mit minimalen Querschnitten ausgeführt werden.

Die Freiluftschaltstation ist fast vollständig fertig erstellt; man arbeitet nur noch an einzelnen Scherentrennern, deren elegante und lautlose Funktion einen sehr guten Eindruck hinterlässt.

Das ganze Kraftwerk wird von einem Kommandoraum aus überwacht. Dieser ist nicht im Maschinenhaus, sondern im angebauten Betriebsgebäude untergebracht. Daraus bietet sich ein ausgezeichneter Überblick über die ganze Freiluftschaltanlage; der Raum ist hell und ausbaufähig. Gegenwärtig wird an der Verdrahtung der Kommandopulte gearbeitet.

Natürlicherweise wird das Kraftwerk mit modernen Telephoneinrichtungen versehen, welche zur Zeit ebenfalls in Montage stehen.

Zuletzt seien die Hauptdaten der Kraftwerksanlagen zusammengefasst:

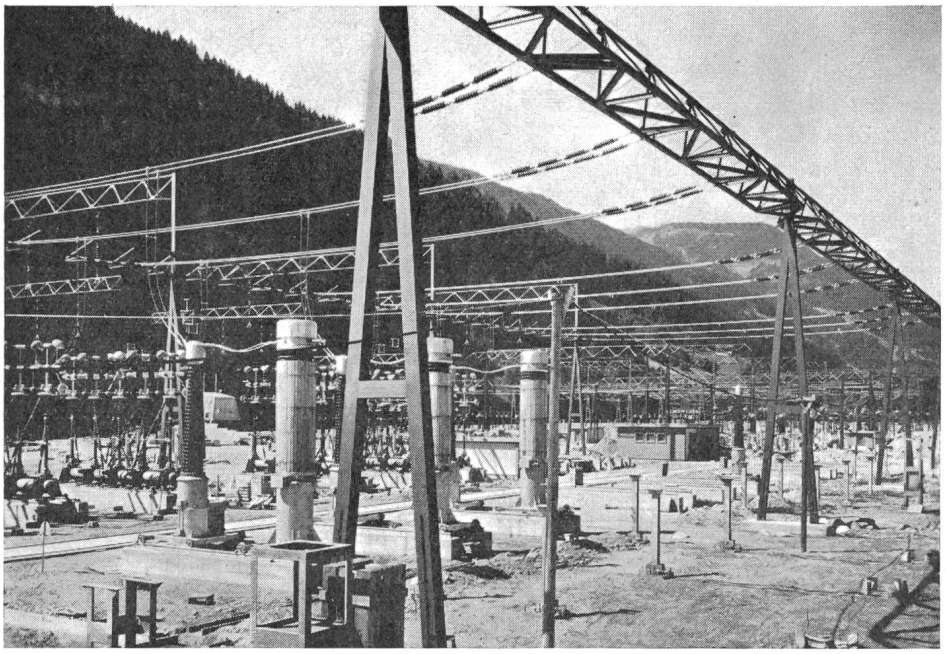


Fig. 6
Blick auf die Freiluftschaltanlage

Wasserwirtschaft, Gefälle, Leistungen (Vollausbau bis Tavanasa)

Einzugsgebiet	320 km²	
Speicherbecken	Stauziel	Inhalt
Nalps	1908 m ü. M.	$45 \cdot 10^6$ m³
Curnera	1956 m ü. M.	$40 \cdot 10^6$ m³
Sta. Maria	1908 m ü. M.	$70 \cdot 10^6$ m³
Somvix (1)	1277 m ü. M.	$0{,}4 \cdot 10^6$ m³

	Sedrun	Tavanasa
Maschinenachse	1315 m ü. M.	798 m ü. M.
Mittleres Nettogefälle bei Vollast	550 m	449 m
Ausbauwassermenge	30 m³/s	46 m³/s
Anzahl Maschinengruppen	3	4
Installierte Leistung		
Turbinen	150 MW	180 MW
Generatoren	180 MVA	240 MVA

Mittlere jährliche Energieproduktion

	Sedrun	Tavanasa
Sommer	$35 \cdot 10^6$ kWh	$266 \cdot 10^6$ kWh
Winter	$221 \cdot 10^6$ kWh	$239 \cdot 10^6$ kWh
Jahrestotal	$256 \cdot 10^6$ kWh	$505 \cdot 10^6$ kWh

Beteiligung an der Kraftwerke Vorderrhein AG

Nordostschweizerische Kraftwerke AG	85,9 %
Kanton Graubünden	10 %
Gemeinden Tavetsch, Disentis/Mustèr, Somvix, Trun Breil/Brigels, Schlans	4,1 %

Das vorgesehene Bauprogramm konnte bis jetzt eingehalten werden. Es ist zu hoffen, dass im Jahr 1962 die Kraftwerke Sedrun und Tavanasa mit ihren total 7 Maschinengruppen den Betrieb aufnehmen können, ferner dass der Stausee Curnera bis 1966 und derjenige von Sta. Maria bis 1968 samt den verschiedenen Stollen ebenfalls erstellt werden können. *E. Schiessl*

Das photographische latente Bild [1])

77.01

Vom 11.—15. September 1961 fand unter der Leitung von Prof. *J. Eggert* am Photographischen Institut der ETH in Zürich ein internationales Kolloquium über wissenschaftliche Photographie statt, und die ersten vier Kolloquia des Wintersemesters sind Berichten über diese Tagung gewidmet. Die Diskussion war in vier Hauptthemen gegliedert:

Sektion Ia: Das latente Bild
Sektion Ib: Spektrale Sensibilisierung
Sektion II: Bindemittel und Emulsionstechnik
Sektion III: Photographische Entwicklung
Sektion IV: Photographische Prozesse ohne Silberverbindungen

E. Klein, Leiter des wissenschaftlichen Laboratoriums der Agfa, berichtete über Sektion Ia und Prof. *Eggert*, der frühere Leiter des Photographischen Instituts, über Ib.

Bei der Belichtung eines photographischen Materials entsteht das «latente Bild». Seine Natur und die seiner Entstehung zu Grunde liegenden Elementarvorgänge sind trotz intensiver Forschungsarbeit noch nicht mit Sicherheit geklärt. Während der letzten Jahre hat sich die Ansicht durchgesetzt, dass die strukturellen Fehlstellen der Silberhalogenidkristalle in den photographischen Emulsionen sowohl das Wachstum dieser Kristalle wie den Aufbau des latenten Bildes wesentlich beeinflussen.

Zwei fundamental verschiedene Mechanismen können für das Kristallwachstum verantwortlich sein: Konglomeration mit nachfolgender Verschmelzung, und anderseits das Auflösen von kleineren Kristallen zugunsten von gösseren, bekannt als «Ostwald Reifung», die in Emulsionen ausschlaggebend zu sein scheint. Eine ungeklärte Frage ist das häufige Auftreten von grossen, aber sehr dünnen Plättchen, an denen alle Flächen kristallographisch äquivalent, d. h. Oktaederflächen sind. Was führt hier zum Wachstum von 6 Flächen, mit völliger Unterdrückung des Wachstums der beiden übrigen Flächen? Nach Röntgen- und Elektronenmikroskop-Aufnahmen scheint die hiefür verantwortliche Fehlstruktur aus vielfachen Zwillingen zu bestehen, die parallel zu der beim Wachstum zurückbleibenden Ebene liegen. An den wachsenden Flächen bestehen dann sich dauernd regenerierende Stufen, die als Keime für das weitere Wachstum dienen.

Nach heutigen Vorstellungen besteht das latente Bild aus Silberteilchen, zu deren Aufbau im Kristall bewegliche Ionen auf Zwischengitterplätzen nötig sind. Extrapolation von Messungen an grossen Einkristallen hatte gezeigt, dass ein Emulsionskristall nicht mehr als *ein* solches Ion enthalten sollte. Neuere Messungen an Emulsionskristallen zeigten eine bis zu 100 oder 1000 mal grössere Leitfähigkeit, die aber möglicherweise durch Wanderung von Silberionen an Kristalloberflächen zustande kommt.

Eine viel beachtete Arbeit zeigte, dass eine Emulsion, deren Kristalle viele strukturelle Fehlstellen aufwiesen, bei der Belichtung ein hochdisperses latentes Bild ergab. Bei der chemischen Reifung, d. h. bei der Wärmebehandlung einer Emulsion unter Zusatz von Reifstoffen, beispielsweise Schwefelverbindungen, konnte die für eine latente Bildkeim-Bildung in Frage kommende Fangstellenzahl stark reduziert werden. Das latente Bild war jetzt auf einige wenige Stellen konzentriert. Die Fangstellen, die durch chemische Reifung gebildet werden, binden offensichtlich die ersten Spuren des sich aufbauenden latenten Bildes stärker als es die strukturellen Fehlstellen tun.

Die mittlere Lebensdauer eines bei der Belichtung in Silberbromid-Einkristallen freigewordenen Elektrons wurde mit 10^{-6} s angegeben, mit einer freien Weglänge von 56 μm.

Einer der am gründlichsten diskutierten «photographischen Effekte» war die Solarisation, d. h. das Phänomen, dass bei starker Vergrösserung der Belichtung die entwickelbare Schwärzung einer photographischen Schicht abnimmt. Dieses Phänomen tritt fast ausschliesslich bei langzeitiger Belichtung auf. Zur Erklärung dieser Erscheinung gibt es zwei Theorien. Die «Koagulationstheorie» besagt, dass die Bildkeime, die sich bei sehr starker Belichtung bilden, andere physikalische Eigenschaften haben, als die bei normaler Belichtung gebildeten. So z. B. könnten sie sich von der Kristalloberfläche ablösen und deshalb der chemischen Entwicklung nicht mehr zugänglich sein. Die «Regressionstheorie» nimmt an, dass es sich um eine Umlagerungserscheinung des latenten Bildes handelt, welches in einem frühen Zeitpunkt der Belichtung wohl an der Oberfläche des Silberhalogenidkristalls gebildet, dann aber ins Korninnere umgelagert wird dadurch, dass die bei starker Belichtung in grosser Zahl freiwerdenden Defektelektronen (Halogenatome) sich mit den an der Kristalloberfläche gebildeten Silberatomen rekombinieren; d. h. das Silberhalogenid wird zurückgebildet. *E. Klein* bekannte sich zu dieser Theorie und belegte seine Meinung mit einer Reihe von Experimenten.

Durch die Absorption von bestimmten Farbstoffen können Silberbromid und Silberchlorid-Kristalle auch für den grünen und roten Spektralbereich des Lichtes empfindlich gemacht werden. Diesen Vorgang nennt man optische oder besser spektrale Sensibilisierung. Die Sensibilisatoren vermögen Lichtquanten kleinerer Energie zu absorbieren und Elektronen im Kristallgitter freizusetzen. Es existieren zwei Möglichkeiten, diesen Prozess zu erklären. Die eine nimmt an, dass das angeregte Elektron vom Farbstoff direkt an den Kristall abgegeben wird. Da aber ein Farbstoffmolekül diesen Vorgang mehrere hundert Male hintereinander ausführen kann, muss man annehmen, dass durch einen noch unbekannten Mechanismus das Farbstoffradikal ein Elektron vom Kristall zurückerhält. Die andere Erklärungsmöglichkeit ist, dass nur die Energie vom angeregten Farbstoff auf den Kristall übertragen wird, so dass die nachfolgenden Vorgänge genau so verlaufen, als ob Licht im natürlichen Absorptionsgebiet des Kristalls absorbiert würde. Es wäre dann notwendig anzunehmen, dass der Kristall, wenn auch sehr schwach, im Absorptionsgebiet des Farbstoffs absorbiert, so dass eine Energieübertragung durch Resonanz stattfinden kann. Versuche, die zeigen sollten, ob Kristalle mit langwelligen Ausläufern ihrer Absorption sich besonders leichter sensibilisieren lassen, ergaben widersprechende Resultate. So ist der Mechanismus noch immer ungewiss, aber da der photographische Prozess ganz unabhängig davon zu sein scheint welche Wellenlänge absorbiert wird, muss der Mechanismus ein solcher sein, dass alle Vorgänge ausser der eigentlichen Absorption gleichartig verlaufen.

F. Tomamichel

[1]) Bericht über das erste Kolloquium des Wintersemesters am Photographischen Institut der ETH vom 2. November 1961.

Nachrichten- und Hochfrequenztechnik — Télécommunications et haute fréquence

Transistoren in Niederfrequenz- und Trägerfrequenzverstärkern

621.375.4

[Nach *K. Lamont:* Transistors in Audio- and Carrier-Frequency Amplifiers. Electronic Technol. 37(1960)8, S. 292...299]

In der Drahtverkehrstechnik werden lange Leitungen über Gabelschaltungen und Vierdrahtverstärker vierdrähtig durchgeschaltet. Infolge der endlichen Echodämpfungen in den Gabeln besteht für die geschlossene Schleife die Gefahr der Instabilität. Da in langen Verbindungsstrecken mehrere Verstärker in Kaskade geschaltet sind, ergibt sich für jeden einzelnen die Forderung nach hoher Stabilität der Verstärkung ($\pm$ 0,1 db). Überträgt der Verstärker mehrere Kanäle, sollen die Intermodulationsprodukte zwischen den einzelnen Kanälen sehr klein sein, um ein Übersprechen zu verhüten. In tropischen Gegenden sind die strengen Forderungen (konstante Verstärkung, kleine Intermodulation, gegebene Werte für Ein- und Ausgangsimpedanz) für Umgebungstemperaturen bis zu + 55 °C einzuhalten.

Die Anwendung von Transistoren an Stelle von Röhren wird erschwert durch die Temperaturabhängigkeit der Transistorparameter, durch die kleinere obere Grenzfrequenz (besonders bei höheren Leistungen), durch die schlechtere Linearität (Emitterschaltung) und durch die kleinere Eingangsimpedanz. Die Verstärker sind daher stark gegengekoppelt aufzubauen, was aber durch die tiefere und schwankende obere Grenzfrequenz der Transistoren erschwert wird.

Die Emitterschaltung

Um einen raschen Überblick über die Verhältnisse zu gewinnen, lassen sich Strom-, Spannungs-, Leistungsverstärkung und Ein- und Ausgangsimpedanz in Funktion der Last in Nomogramm-

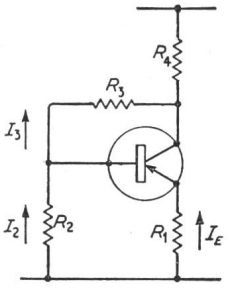


Fig. 1
Schaltbild einer gleichstromgegengekoppelten Transistorstufe
R_1 Emitterwiderstand; R_2, R_3 Basisspannungsteiler; R_4 Kollektorwiderstand; I_2, I_3 Ströme durch R_2 bzw. R_3; I_E Emitterstrom

men darstellen (Emitterstrom als Parameter). Aus diesen Kurven zeigt sich die Notwendigkeit, den Arbeitsstrom des Transistors zu stabilisieren. Eine bekannte Möglichkeit ist die Gleichstromgegenkopplung (R_1, R_3) nach Fig. 1, die eine Erhöhung der Stabilität um den Faktor

$$S = \frac{1 - \alpha + P + Q}{(1 - \alpha)(1 + P + Q)}$$

$$\text{mit } P = R_1 \Big/ \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}: \quad Q = \frac{R_4}{R_3}\left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)$$

gegenüber einer nichtstabilisierten Stufe bringt (α = Stromverstärkung in Basisschaltung).

In vielen Anwendungen — besonders in stark gegengekoppelten Schaltungen — genügt es, den Transistor in erster Näherung als Zweiparameter-Element nach Fig. 2 zu betrachten. Die Parameter sind Eingangsimpedanz und Steilheit. Bei höheren Frequenzen kann der Diffusionsprozess im Transistor durch eine Kapazität zwischen Basis und Emitter dargestellt werden. Bei der Frequenz

$$\omega = \frac{1}{C_{de}\, r_e} \cdot \frac{r_{bb'}(1 - \alpha) + r_e}{r_{bb'}}$$

ist die Steilheit um 3 db reduziert. Durch eine *RC*-Parallelkombination ($RC = r_e C_{de}$) im Emitterkreis (Z_e in Fig. 2b) kann die Grenzfrequenz um den Faktor

$$\frac{r_{bb'}(1 - \alpha_0) + r_e + R}{r_{bb'}(1 - \alpha_0) + r_e}$$

erhöht werden, wobei allerdings die wirksame Steilheit um den gleichen Faktor abnimmt. (α_0 = Stromverstärkung in Basisschaltung für tiefe Frequenzen.) In der Praxis zeigt sich, dass die Darstellung des Diffusionsprozesses durch ein einfaches *RC*-Glied nicht in allen Fällen genügt und stärkere Phasendrehungen zu erwarten sind.

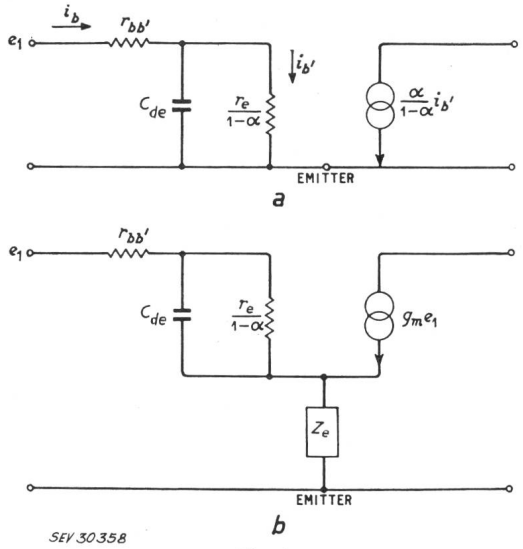


Fig. 2
Vereinfachtes Ersatzschema der Emitterstufe
a ohne externe Impedanz im Emitterkreis; *b* mit einer Impedanz Z_e im Emitterkreis
Weitere Bezeichnungen siehe Text

Signalgegenkopplungen

Je tiefer die Grenzfrequenz des verwendeten Transistors ist, um so höher werden die Verstärkungsverluste infolge der Emitterkompensation, um so grösser dadurch Stufenzahl und Anforderung an die Stabilität der Verstärkung.

Gegenkopplung in einer Stufe

Sehr oft ist eine Eingangsimpedanz erwünscht, die von der Stromverstärkung α' unabhängig ist. Das lässt sich durch die Serie-Parallel-Gegenkopplung nach Fig. 3 erreichen. Die Eingangsimpedanz ist unabhängig von α' (Brücke abgeglichen), wenn $R_e R_f = h_{11} R_c$.

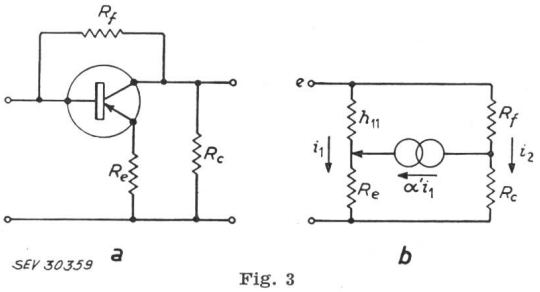


Fig. 3
Gegengekoppelte Emitterstufe als Brückenschaltung zur Erzeugung einer von α' unabhängigen Eingangsimpedanz
a Schaltung; *b* Ersatzschema
R_c Kollektorwiderstand; R_e Emitterwiderstand; R_f Rückkopplungswiderstand
Weitere Bezeichnungen siehe Text

Gegenkopplung über zwei Stufen

Hohe Eingangs- und kleine Ausgangsimpedanz werden erreicht mit der Schaltung nach Fig. 4. Mit Transistoren XC 101

erhaltene typische Werte sind: Eingangsimpedanz 300 kΩ, Ausgangsimpedanz 15Ω. Spannungsverstärkung zwischen — 26 °C und + 55 °C 19 ± 0,25 db.

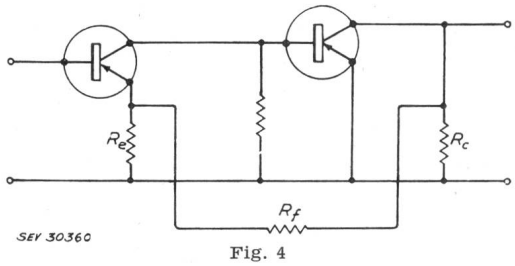


Fig. 4
Gegenkopplung über zwei Stufen
R_c Kollektorwiderstand; R_e Emitterwiderstand; R_f Gegenkopplungswiderstand

Kanal- und Gruppenverstärker

Als Beispiel wird ein Kanalverstärker für das Telephonieband 0,3...3,4 kHz betrachtet. Neben der äusseren Gegenkopplung über den ganzen Verstärker sind die einzelnen Stufen intern gegengekoppelt, damit die Ausgangsimpedanz von den Transistoreigenschaften unabhängiger wird und keine übermässige Stabilitätsreserve in der Verstärkerschleife nötig ist (Phasendrehung pro Stufe kleiner).

Am Beispiel eines 5-Kanalgruppenverstärkers (0,3...20 kHz), der über ein Minimalphasennetzwerk gegengekoppelt ist, lässt sich zeigen, dass Amplitude und Phase des ganzen Verstärkers sehr angenähert die Bedingungen eines Minimalphasennetzwerkes erfüllen. Die Stabilität ist auch an der oberen Frequenzbandgrenze bemerkenswert gut. Beide Verstärker erfüllen die eingangs erwähnten strengen Forderungen.

Dank des kleinen Leistungsverbrauchs und des besseren Wirkungsgrades besteht die Möglichkeit, eine höhere Anzahl optimal plazierter Verstärker über ein Kabel zu speisen und so längere breitbandige Verbindungsstrecken besser als mit Röhren auszunützen. *F. Eggimann*

Miniaturbaugruppen aus Mehrschichthalbleitern

621.37-181.4 : 621.382

[Nach *J. E. Allegretti* und *D. J. Shombert:* Laminar Junction Layers-New Concept in Microcircuits. Electronics 33(1960)49, S. 55...57]

Auf einem Kern aus einem Silizium-Einkristall lassen sich mehrere Schichten weiterer Silizium-Einkristalle aufdampfen. Jede dieser Schichten kann durch Zusätze andere Halbleitereigenschaften erhalten. Zum Beispiel liessen sich auf einem Kern 12 weitere verschiedenartige Siliziumschichten aufbringen.

Die Eigenschaften benachbarter Schichten können aufeinander abgestimmt sein. Durch die geeignete Anordnung benachbarter Schichten können sie die Eigenschaften von Widerständen, Kondensatoren, Dioden, pnpn-Schaltern, Transistoren oder Sonnenbatterien erhalten; es können auch Dioden mit extrem hohen Sperrspannungen oder Zenerdioden sein. Es wurden bereits Mehrschichthalbleiter mit Oberflächen von mehreren Quadratzentimetern ausgeführt. Die einzelnen Schichten können in ihrer Dicke stark verschieden sein. Verhältnismässig dicke Siliziumschichten können zur Isolierung der benachbarten Schichten dienen.

Aus einem Mehrschichthalbleiterkern können kleine Blöcke herausgeschnitten werden. Die kleinen Blöcke lassen sich weiter verarbeiten. Sie lassen sich durch Einfräsungen unterteilen. Die Tiefen der Einfräsungen hängen davon ab, welche und wieviele Schichten getrennt werden müssen. Durch Ätzung kann man eine Anzahl von Schichten gänzlich oder zum Teil, den jeweiligen Erfordernissen entsprechend, entfernen.

Als Beispiel ist in Fig. 1 der Aufbau einer kleinen Baugruppe aus einem Mehrschichthalbleiter dargestellt. Es handelt sich um einen einfachen Sägezahngenerator, dessen Schema Fig. 1a zeigt. Den Aufbau der Schaltung im Mehrschichthalbleiter und die Funktion der einzelnen Schichten ist aus Fig. 1b zu entnehmen. Die Säule links, die aus den Schichten *3, 4, 5* und *6* besteht, mit den Anschlüssen «Plus» und «Ausgang», ist der pnpn-Schalter. Die Schichten *7* und *8* im Mittelteil bilden die kapazitiv wirkende Diode und die Schichten *8* und *9* ganz rechts entsprechen dem Widerstand, dem die Minusspannung zugeführt wird. Aus dem Ätzbild Fig. 2a ist der Aufbau der Schichten *2* bis *9* in hundert-

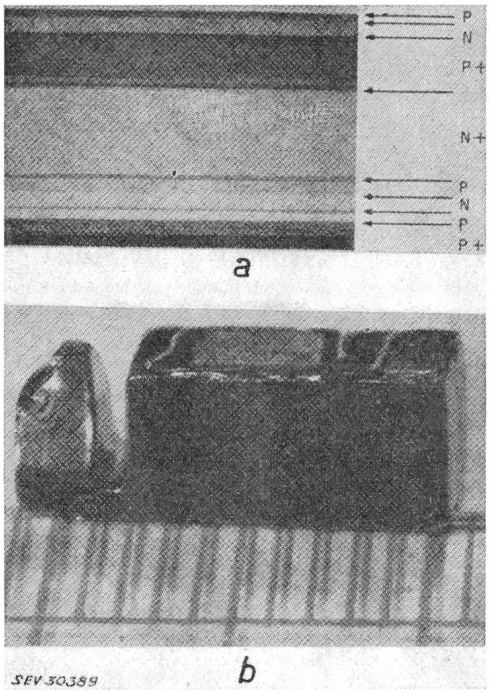


Fig. 1
Sägezahngenerator aus einem Mehrschichthalbleiter
a Schema des Generators; *b* schematischer Aufbau des Generators; *c* perspektivische Darstellung der Miniaturbaugruppe

facher Vergrösserung zu erkennen. Der unterste Teil des Mehrschichthalbleiters für den Sägezahngenerator ist in diesem Bild weggelassen. Fig. 1c zeigt in perspektivischer Darstellung den Aufbau des fertig bearbeiteten Blocks, dessen Kleinheit Fig. 2b deutlich veranschaulicht.

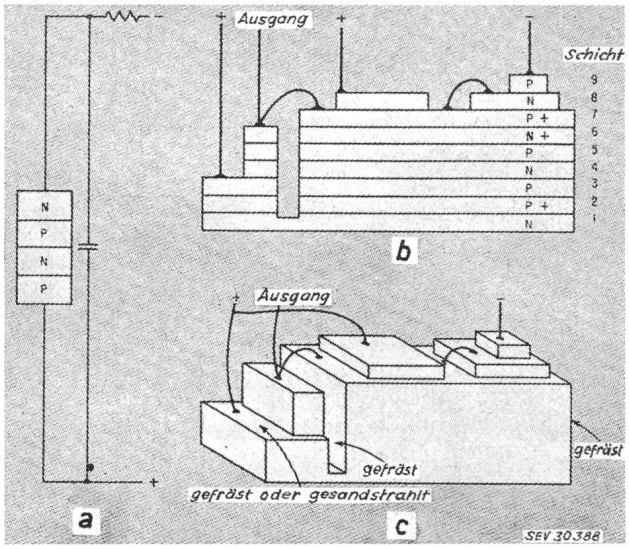


Fig. 2
Querschnitt des Halbleiters in hundertfacher Vergrösserung (*a*) und fertige Baugruppe (*b*)

Mit diesem Beispiel einer kleinen Baugruppe, die mit Hilfe eines Mehrschichthalbleiters realisiert wurde, sollte nur das Prinzip der Methode gezeigt werden. Selbstverständlich können mit Mehrschichthalbleitern wesentlich umfangreichere Schaltungsgruppen aufgebaut werden. Noch mehr Möglichkeiten für die Mikrominiaturisierung sind uns geboten, wenn wir die oben gezeigte Methode mit anderen Methoden zur Herstellung von Mikrobaugruppen kombinieren. *H. Gibas*

Fortsetzung auf Seite 1037

Kondensatoren verbessern Ihren Leistungsfaktor

Teilansicht einer vollautomatischen Kondensatorenanlage in einer Grossgiesserei

Kondensatoren reduzieren durch Kompensation des Blindstromverbrauchs Ihre Stromrechnung und bieten zusätzlich die Möglichkeit, Ihre Anlage besser auszunutzen. Die einmaligen Anschaffungskosten sind innert kurzer Zeit amortisiert.

Verwenden Sie für Ihre Anlage eine erprobte Ausführung, die für sicheren Betrieb Gewähr bietet. Unsere bekannten Nepolin-Kondensatoren für Niederspannung (bis 525 V, 50 Hz) bestehend aus Normaleinheiten 12,5 kVar, zeichnen sich durch eine grosse Betriebssicherheit und eine lange Lebensdauer aus.

Verlangen Sie bitte zu Ihrer Dokumentation unseren Prospekt X 107 SB.

Micafil AG Zürich

FERNMESSUNG auf TELEFONLEITUNG

mit dem modernen

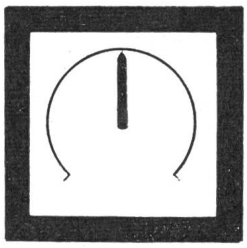
TONFREQUENZ-IMPULS-VERFAHREN

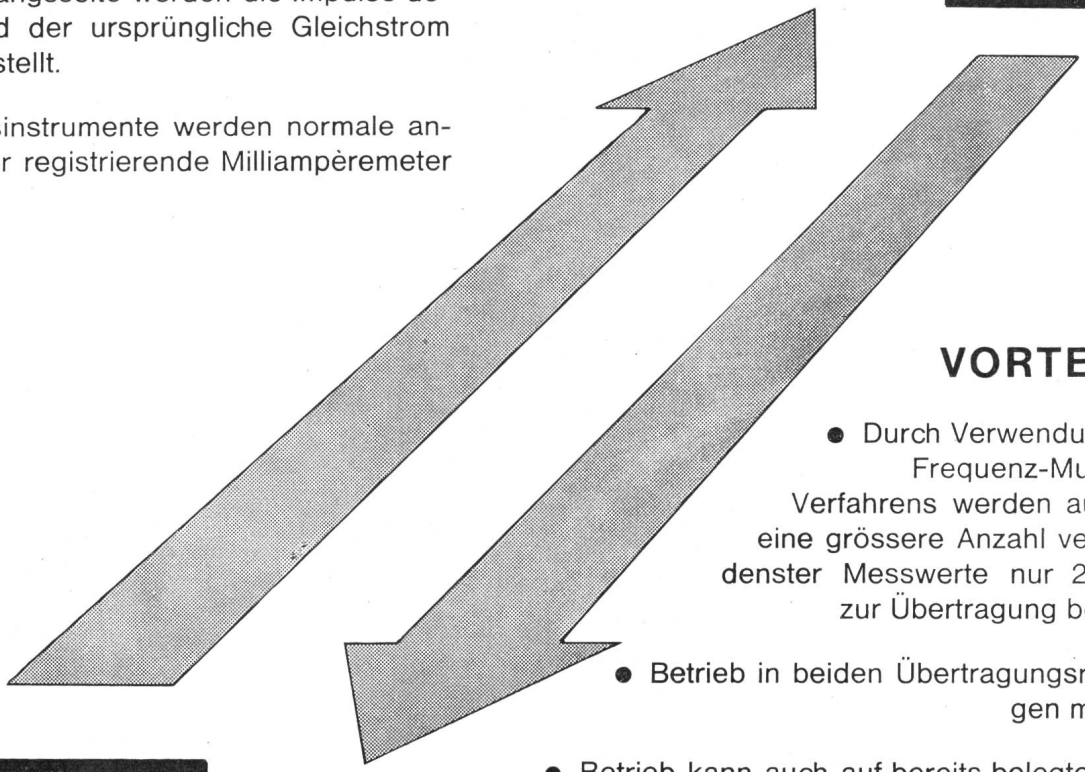
PRINZIP:

Die Messgrösse wird durch einen Messgrössenwandler in Gleichstrom und dieser dann in Tonfrequenz-Impulse umgeformt und übertragen.

Auf der Empfangsseite werden die Impulse demoduliert und der ursprüngliche Gleichstrom wieder hergestellt.

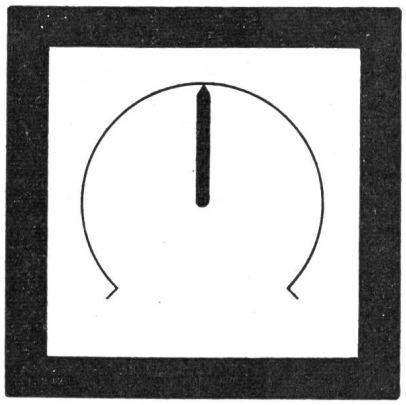
Als Empfangsinstrumente werden normale anzeigende oder registrierende Milliampèremeter verwendet.





VORTEILE:

- Durch Verwendung des Frequenz-Multiplex-Verfahrens werden auch für eine grössere Anzahl verschiedenster Messwerte nur 2 Leiter zur Übertragung benötigt.
- Betrieb in beiden Übertragungsrichtungen möglich.
- Betrieb kann auch auf bereits belegter Fernsprechanlage erfolgen.
- Alle Schaltelemente haben praktisch unbegrenzte Lebensdauer und benötigen keinerlei Wartung.
- Aufbau in fertig verdrahteten Baugruppen auf vorbereiteten Gestellen. Baugruppen-Kästen und Schalteinheiten einzeln steckbar und leicht zugänglich.
- Nachträgliche Erweiterung ohne Schwierigkeiten möglich.



TRÜB, TÄUBER-ZÜRICH