

M. BEBLO, München

"Der neue Elektrograph des Institutes für Angewandte Geophysik  
der Universität München zur Registrierung des zeitlich variablen  
erdelektrischen Feldes "

Dienstag, den 14.9.1971

Für das Forschungsvorhaben "Magnetotellurik in der Afar-Senke, Äthiopien" wurde der neue Elektrograph zur Aufzeichnung der induzierten, zeitlich variablen tellurischen Ströme entwickelt.

Der Elektrograph (siehe Fig. 1) hat die äußeren Abmessungen 47/35/35 cm. Registrierteil und Elektronik liegen getrennt in einem Grundchassis. Im Registrierteil befinden sich die beiden Galvanometer, die Lampe zur Beleuchtung der Galvanometer und die Stunden- und Minutenlampe. Von außen wird der Lichtschreiber (die Kamera) an den Registrierteil angesteckt.

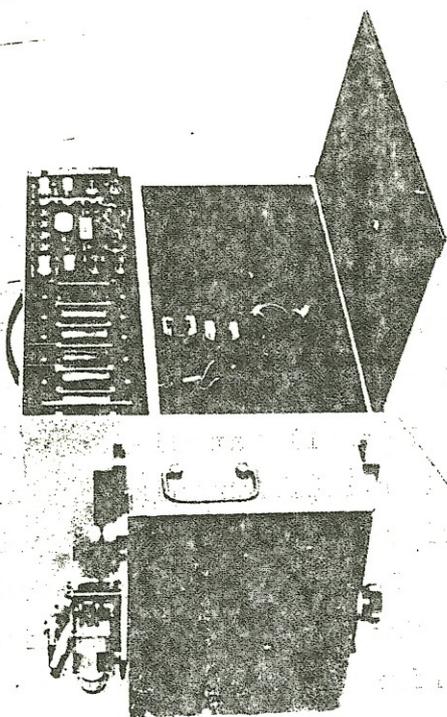
Neben der Registriereinheit liegt die gesamte Elektronik. Bei Störungen kann der Einschub mit der gesamten Elektronik aus dem Grundgehäuse herausgezogen und gegen einen weiteren Elektronikeinschub ausgetauscht werden. Zur leichteren Wartung befinden sich fast alle elektronischen Bauteile auf einsteckbaren Karteneinschüben.

1. Die Baugruppen des Meßteiles

Beim Aufbau der Meßkreise sind die im Boden und an den Elektroden auftretenden Störspannungen besonders zu berücksichtigen. Es handelt sich vor allem um konstante oder sich langsam ändernde Gleichspannungen, sowie um die Störströme vagabundierender technischer Wechselströme. Diese Störströme werden durch Kompensation und Filterung unterdrückt (siehe dazu die späteren Abschnitte).

Fig. 1

The device is designed for the purpose of measuring the intensity of the radiation field in the presence of a magnetic field. It consists of a detector, a magnetic field source, and a measuring instrument.



The device is shown in a perspective view. The control panel is on the left, and the main body is on the right. The device is mounted on a base.

The device is shown in a perspective view. The control panel is on the left, and the main body is on the right. The device is mounted on a base.

The device is shown in a perspective view. The control panel is on the left, and the main body is on the right. The device is mounted on a base.

The device is shown in a perspective view. The control panel is on the left, and the main body is on the right. The device is mounted on a base.

The device is shown in a perspective view. The control panel is on the left, and the main body is on the right. The device is mounted on a base.

The device is shown in a perspective view. The control panel is on the left, and the main body is on the right. The device is mounted on a base.

The device is shown in a perspective view. The control panel is on the left, and the main body is on the right. The device is mounted on a base.

The device is shown in a perspective view. The control panel is on the left, and the main body is on the right. The device is mounted on a base.

The device is shown in a perspective view. The control panel is on the left, and the main body is on the right. The device is mounted on a base.

Fig. 1

The device is shown in a perspective view. The control panel is on the left, and the main body is on the right. The device is mounted on a base.

The device is shown in a perspective view. The control panel is on the left, and the main body is on the right. The device is mounted on a base.

The device is shown in a perspective view. The control panel is on the left, and the main body is on the right. The device is mounted on a base.

The device is shown in a perspective view. The control panel is on the left, and the main body is on the right. The device is mounted on a base.

### Eingangsteil

Die im Boden durch unpolarisierbare Cu-CuSO<sub>4</sub>-Elektroden abgegriffene Meßspannung durchläuft Kompensation, Eichung und Vorfilter, bis sie zum Meßverstärker gelangt (siehe Fig. 2, die Werte der jeweiligen elektronischen Bauteile zeigt Fig. 3). Zur Unterdrückung der erwähnten Gleichstromanteile der Störströme dient eine Gleichstromkompensation, die gleichzeitig ein Übersteuern der Meßverstärker durch Gleichströme verhindert. Mit den von uns gewählten Widerstandswerten der Kompensation (siehe Fig. 3) kann die Kompensationsspannung kontinuierlich im Bereich  $\pm 75$  mV eingestellt werden.

Die Eichung ermöglicht eine Zuordnung der Variationen des erdelektrischen Feldes an absolute Spannungsgrößen. Dies erreicht man durch Anlegen einer bekannten Spannung an den Meßkreis. In unserem Fall ergibt sich eine maximal mögliche größte Eichspannung von 3 mV.

Durch die Richtung des Eichausschlages auf dem Film wird die Polung der Variationen des erdelektrischen Feldes festgelegt. Erfolgen die Bewegungen der Lichtpunkte in Richtung des Eichausschlages, so gilt: N- bzw E-Elektrode positiv gegenüber S- bzw W-Elektrode.

Darüber hinaus wird die Eichung zur Kennzeichnung der NS-Spur benutzt. Die steuernde Uhr löst jede Stunde im NS-Kreis eine zusätzliche Eichung aus, dadurch können sich überschneidende Meßspuren auf dem Film leicht unterschieden werden.

Zur groben Dämpfung der technischen Störströme dient ein einstufiges Tiefpaßfilter. Die eigentliche Aussiebung dieser hochfrequenten Störströme erfolgt erst hinter dem Meßverstärker im Bandpassfilter des Ausgangskreises.

### Der Meßverstärker

Als Meßverstärker dienen low-drift Spannungsverstärker. Sie arbeiten als modulierte Gleichstromverstärker mit Transistor-Gegentakt-Chopper. Diese Verstärker wandeln kleine, nicht belastbare Meß-

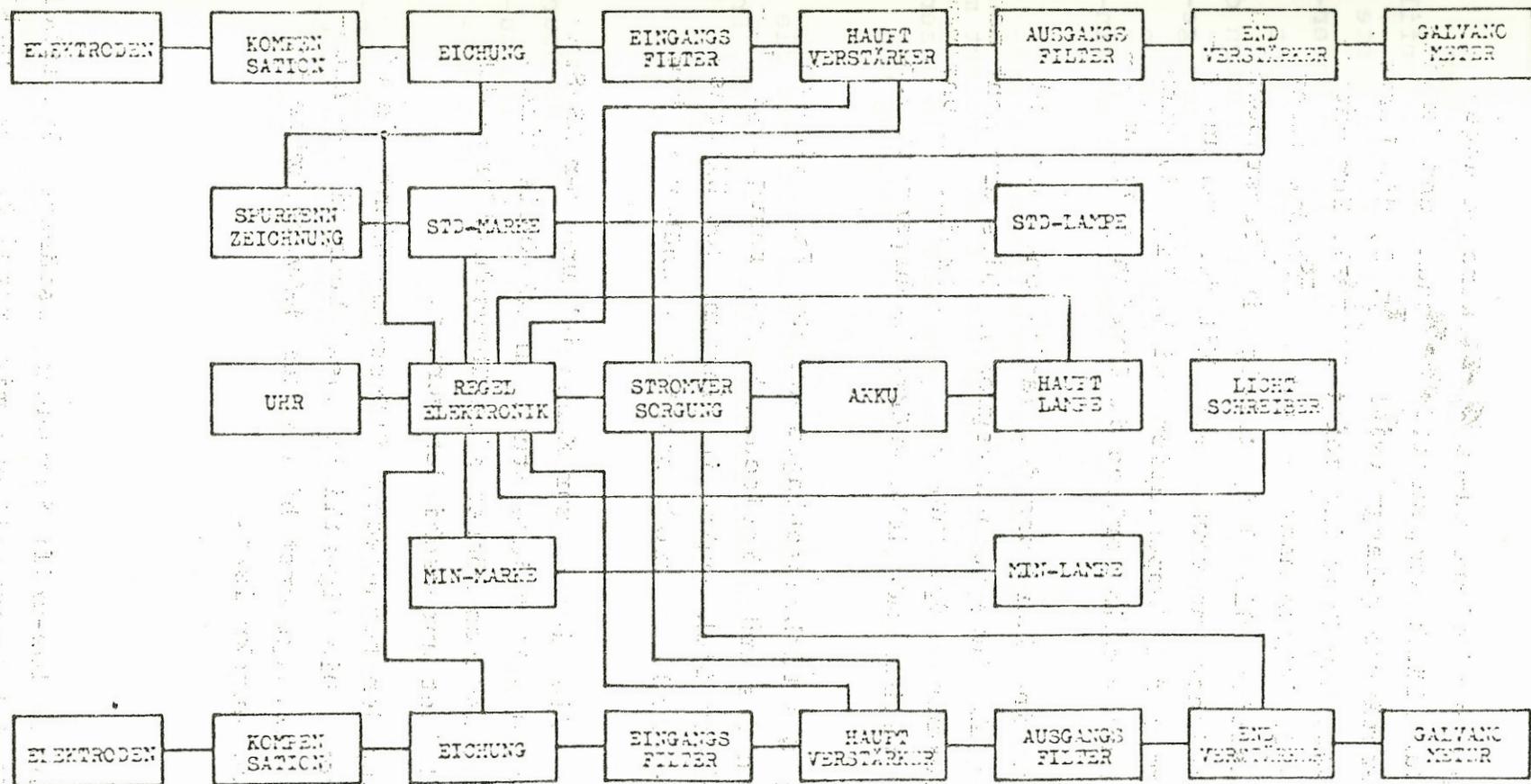


Fig. 2: Blockschaltbild

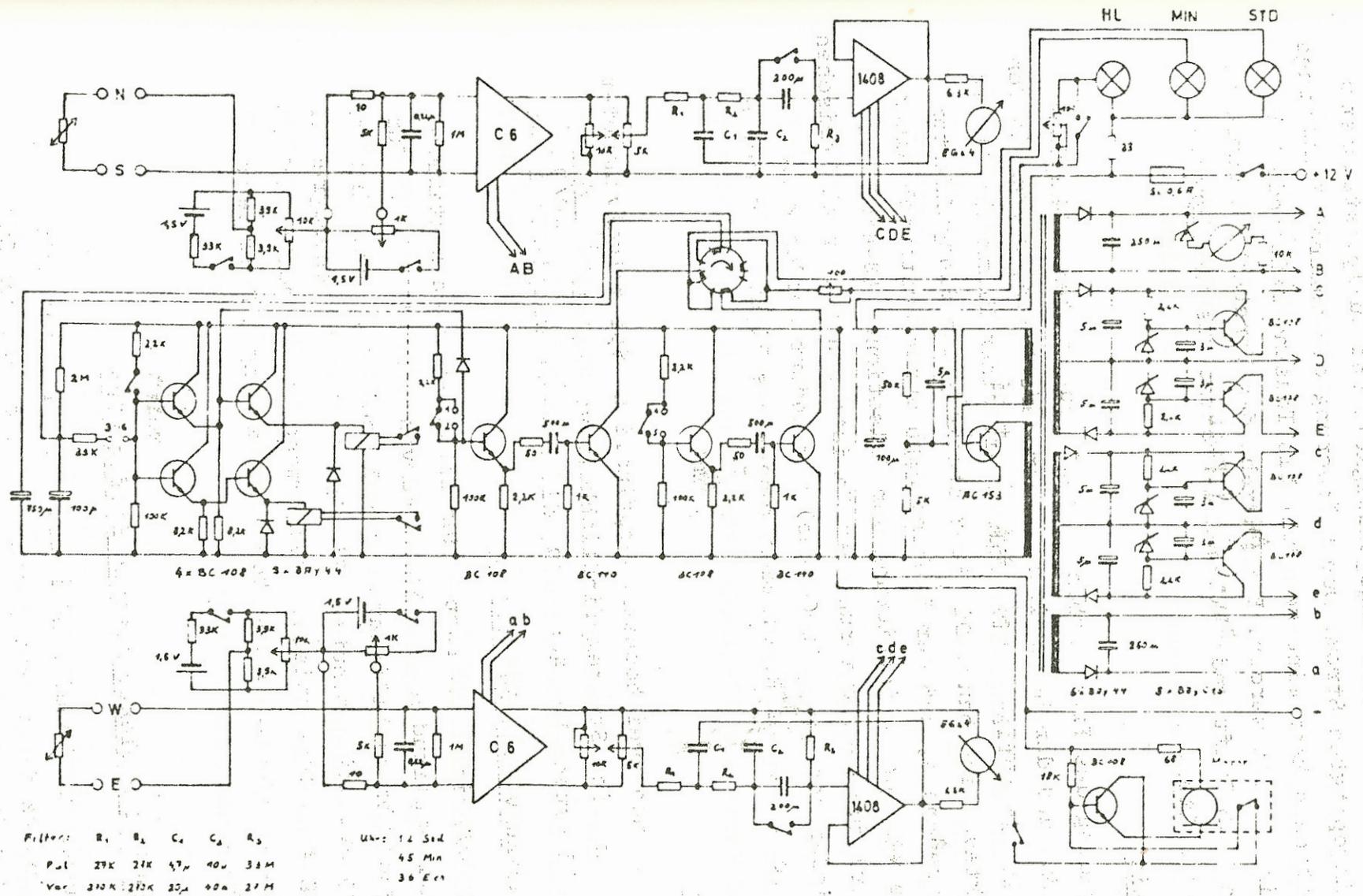


Fig. 3: Gesamtstromlaufplan

werte mit höchster Verstärkungsgenauigkeit und Nullpunktskonstanz in einen eingepprägten Strom. Durch Änderung des äußeren Belastungswiderstandes kann eine von Null bis Tausend reichende Verstärkung eingestellt werden. Die Auswahl des Verstärkers wurde so vorgenommen, daß Drift und Rauschen 1 Prozent des Meßsignales nicht überschreiten.

### Ausgangskreis

Zur Beschneidung des Frequenzbandes sowie zur weiteren Dämpfung der Störströme und der Langzeitdrift der Verstärker, wurden in den Ausgangskreis einstufige aktive Filter mit einer Flankensteilheit von 12 dB/Oktave eingebaut. Die RC-Bestückung des Bandpaßfilter wurde so vorgenommen, daß der Elektrograph durch Austausch einer Leiterplatte von der Registrierung der Pulsationen (3-4500 sec Periodendauer) zur Registrierung der Variationen des erdelektrischen Feldes (Perioden von 125 - 32000 sec) umgeändert werden kann. (Schaltung und Werte der RC-Glieder können aus Figur 3 entnommen werden).

### Galvanometer

Als Meßwerke dienen zwei hochstromempfindliche Spiegelgalvanometer EGz 4. Sie haben eine Stromempfindlichkeit von  $2,2 \cdot 10^{-9} \frac{\text{A}}{\text{mm/m}}$ . Ihr innerer Widerstand beträgt 6 K $\Omega$ , die Eigenschwingdauer 1 sec.

### Gesamtdurchlasskurve und Phasengang

Alle frequenzabhängigen Baugruppen des Elektrographen bestimmen den Verlauf der Amplituden- und Phasenkurven (Fig. 4 und 5). Zur Berücksichtigung der nichtlinearen Anteile beider Kurven wird von uns eine Treppenfunktion benutzt. Sie ist in den Rechenprogrammen zur Auswertung auf elektronischen Rechenmaschinen bereits enthalten, es müssen nur noch die Parameter der jeweiligen Meßapparatur eingegeben werden.

## 2. Die Baugruppen der elektronischen Hilfsgeräte

Die Störspannungen vagabundierender technischer Wechselströme erschweren den Einsatz der Elektrographen in der Nähe von Städten oder dicht besiedelten Gebieten. Wir sind daher auf relativ ab-

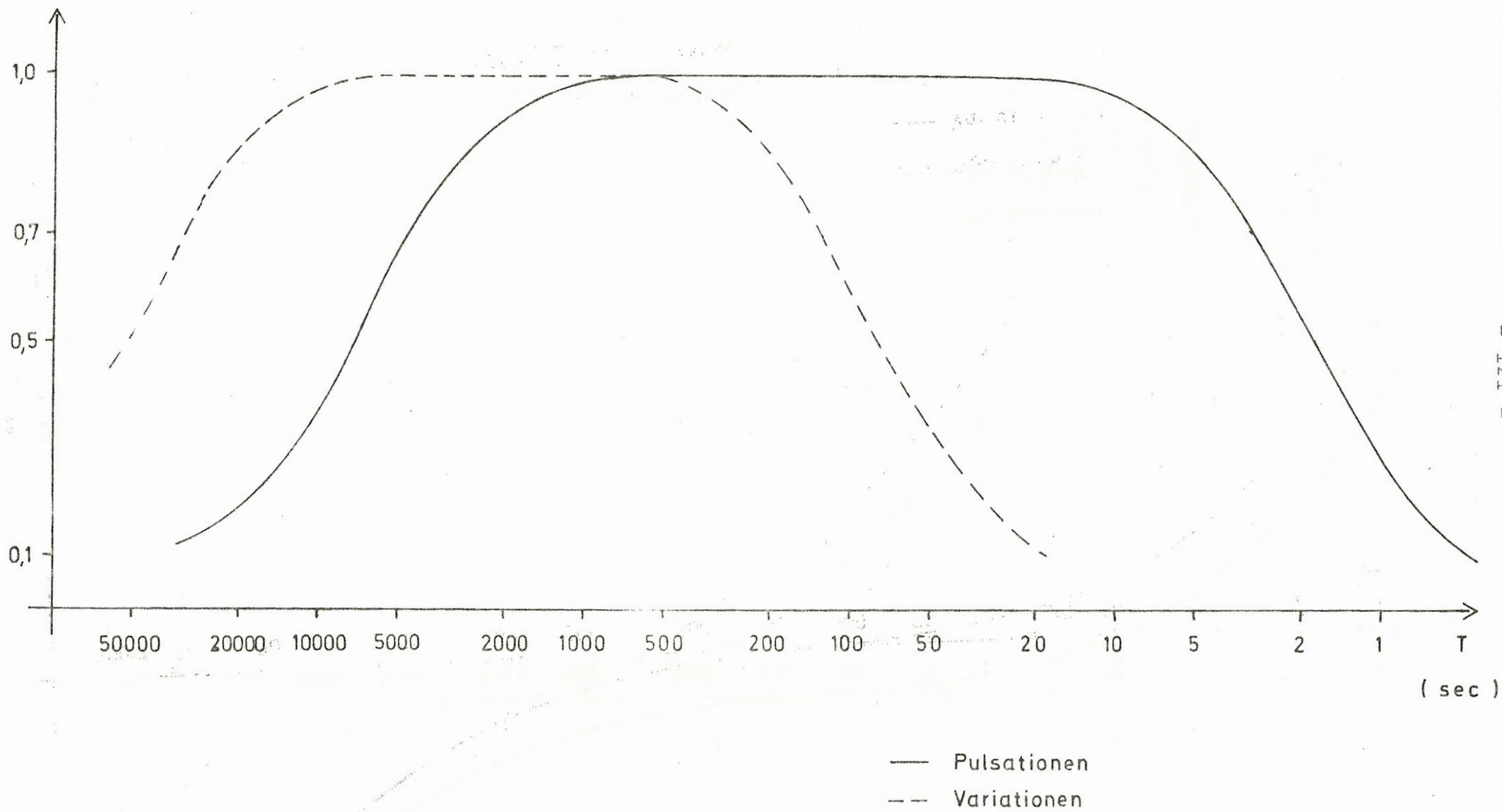


Fig. 4: Gesamtdurchlasskurve

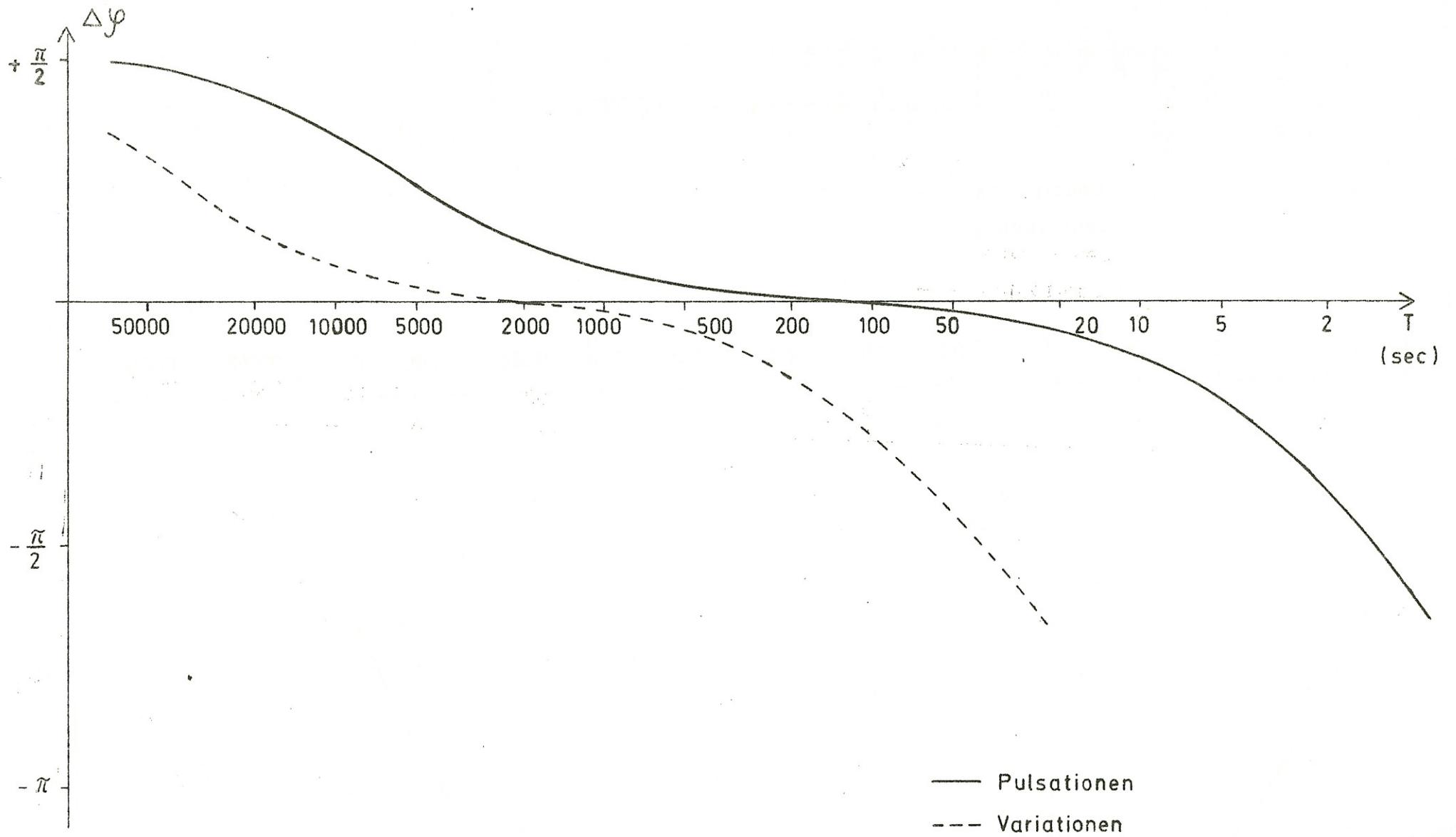


Fig. 5: Phasengang

gelegene Meßstationen angewiesen, Stromversorgung aus dem Netz scheidet aus, wir sind an Energieversorgung aus dem Akkumulator gebunden.

### Gleichspannungswandler

Beide Meßkreise müssen entkoppelt sein, um jede gegenseitige Beeinflussung zu vermeiden. Deshalb ist eine galvanische Entkopplung in der Stromversorgung der Verstärker beider Meßkreise erforderlich. Außerdem liegen die Versorgungsspannungen der Verstärker außerhalb der Normierung üblicher Akkuspannungen. Es bleibt nur der Weg, die vorhandene Akkuspannung zu zerhacken, zu transformieren und anschließend wieder gleichzurichten. Dazu werden in die Elektrographen Eintakt-Durchfluß-Wandler eingebaut. Durch voneinander unabhängige Sekundärwicklungen des Transformators ist dann auch die geforderte galvanische Entkopplung möglich.

### Zeitmarkierung

Die Elektrographen sind mit Schaltuhren der Bulova Watch Company ausgestattet. Ihre Ganggenauigkeit beträgt  $\pm 2,5$  sec/Tag. Diese Uhren sind mit Schaltkontakten ausgerüstet, welche die Minuten- und Stundenmarkierung, sowie die Eichung steuern.

Zur Kennzeichnung der Zeit auf dem Film werden eigene Lampen benutzt, die zu jeder vollen Minute bzw. Stunde -durch elektronische Schalter gesteuert- kurzzeitig aufblitzen.

Durch einen weiteren Schaltkontakt der Uhr wird alle vier Stunden eine automatische Eichung ausgelöst. Die Dauer des Eichauschlages wird durch ein RC-Glied bestimmt. Bei der Registrierung der Pulsationen des erdelektrischen Feldes beträgt die Eichdauer etwa 30 sec, beim Registrieren der Variationen 1 1/2 Minuten. (Schaltungen siehe Fig. 3)

### Lichtschreiber

Als Filmkamera dienen im Institut München entworfene und gebaute Lichtschreiber. Diese sind mit Wechselkassetten bestückt, die Papierfilm von 15 cm Breite und 15 m Länge aufnehmen.

Als Antriebsmotoren für den Filmvorschub dienen kleine Gleichstrommotoren, denen Wechselgetriebe vorgeschaltet sind, so daß zwei Filmgeschwindigkeiten eingestellt werden können. Bei der Registrierung der Pulsationen tellurischer Ströme arbeiten wir mit einem Filmvorschub von 72 cm/Std., beim Registrieren der Variationen mit 8 cm/Std.