

# Über geoelektrische Widerstandsmessungen in den Schweizeralpen

Autor(en): **Gassmann, Fritz / Weber, Max**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin der Vereinigung Schweiz. Petroleum-Geologen und -Ingenieure**

Band (Jahr): **23 (1956-1957)**

Heft 64

PDF erstellt am: **18.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-188507>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## **Über geoelektrische Widerstandsmessungen in den Schweizeralpen**

Prof. Dr. FRITZ GASSMANN<sup>1)</sup> und P.-D. Dr. MAX WEBER<sup>1)</sup>

**Z u s a m m e n f a s s u n g :** Es wird über geoelektrische Widerstandsmessungen im Sanetschgebiet und Maggiatal berichtet und ein neues geoelektrisches Meßgerät beschrieben.

**S u m m a r y :** In this article the measurements of the geoelectrical resistivity in the regions of Sanetschpass and Maggiatal are reported and a new geoelectrical apparatus is described.

**E i n l e i t u n g :** Wir haben in den letzten Jahren sowohl im Mittelland als auch in den Alpen eine Reihe von geoelektrischen Messungen durchgeführt. Es wurden nach bekannten Methoden und eigenen Konzeptionen verschiedene Probleme aus der Wissenschaft und aus der Praxis bearbeitet. Gleichzeitig wurden mehrere Meßgeräte entwickelt und im harten Feldbetrieb erprobt.

Die gesammelten Erfahrungen lassen sich kurz wie folgt zusammenfassen. Die geoelektrischen Gleichstrommethoden liefern, eine zweckmäßig gebaute Apparatur vorausgesetzt, gute Resultate, wenn nicht nur schemamäßig gearbeitet wird. Diese Methoden sind sehr anpassungsfähig und wirtschaftlich.

Mit Nachdruck ist aber eine Kombination von Geoelektrik und Refraktionsseismik zu empfehlen. Es kommt vor, daß die eine oder andere Methode versagt. Oft aber ergänzen sie sich gegenseitig oder ergeben dieselben Resultate. Dieser Idealfall ist nicht sehr häufig.

In diesem Beitrag wird nun über die geoelektrischen Widerstandsmessungen im Sanetschgebiet und im Maggiatal berichtet.

Diese Messungen wurden von W. Furrer, Vorstand der Forschungs- und Versuchsanstalt der PTT, aus folgendem Grunde angeregt. Bekanntlich können Hochspannungsleitungen den Telephonverkehr empfindlich stören. Diese Störungen sind, wie man leicht erkennt, von den spezifischen Erdwiderständen abhängig. Daher wurde die Aufgabe gestellt, längs den Hochspannungsleitungen in den erwähnten Gebieten die spezifischen Erdwiderstände zu messen.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Institut für Geophysik der Eidg. Technischen Hochschule, Zürich.

<sup>2)</sup> Diese Messungen wurden durch die Stiftung Hasler-Werke Bern ermöglicht. Wir danken dem Leiter der Geschäftsstelle des wissenschaftlichen Kollegiums dieser Stiftung, Herrn Professor E. Baumann, sowie den Herren Professoren W. Furrer und H. Weber für ihre Unterstützung bestens. Ferner hatten wir durch Vermittlung von Herrn Prof. Furrer die Transport- und Kommunikationsmittel, sowie verschiedenes Kleinmaterial von der PTT leihweise erhalten, wofür wir ebenfalls bestens danken.

Abschließend wird ein neues geoelektrisches Meßgerät beschrieben. Es wurde von M. Weber entwickelt.

### Die Messungen im Sanetschgebiet

Zur Orientierung im Gelände wurden die Blätter 263 und 273 der Landeskarte 1 : 50 000 verwendet. Als Transportmittel diente ein Unimog, der sich dank Vierrad-antrieb und Differentialsperre gut bewährt hat. Als Kommunikationsmittel wurden Feldtelephone und Foxgeräte eingesetzt. Diese Hilfsmittel sind unentbehrlich.

Das geoelektrisch untersuchte Gebiet, das zwischen Gsteig, Sanetschpaß und Sitten liegt, befindet sich, bis auf einen sehr kleinen, ganz im Süden gelegenen Teil, der penninischer Natur ist, vollständig in der helvetischen Region. Die vorgefundenen Gesteine sind daher vorwiegend Kalke. Darunter sind folgende Typen hervorzuheben:

- a) ein hellgrauer, sehr reiner und dichter Kalk,
- b) ein hellbrauner, gut geschichteter und ebenfalls dichter Kieselkalk,
- c) ein relativ mergelreicher Nummulitenkalk (die Nummuliten sind als dunkle, ca. 1 cm lange Linsen gut erkennbar),
- d) ein mergeliger Kalk, der sehr gut geschichtet ist und dessen Mergelgehalt sehr stark schwankt.

Hervorzuheben ist ein großes Karrenfeld bei Tsanfleuron, das sich aus mergelarmem Nummulitenkalk und hellgrauem Kalk zusammensetzt.

Diese Kalke (namentlich die hellgrauen und die Nummulitenkalke) treten in mächtigen Bänken auf und lassen sich über weite Strecken verfolgen. Zwischen diesen Bänken liegt ein weiches, gut geschichtetes und ziemlich dunkles Material. Es handelt sich hier um tonig-mergelige Schiefer, die infolge ihrer geringen Härte stark verwittern. Vereinzelt findet man auch Taveyannaz-Sandsteinbänke, so z. B. beim Hotel Sanetsch in Tsanfleuron. Diese Gesteine kommen durchwegs anstehend vor.

Daneben finden sich Moränen, Schuttbedeckungen usw., die aus mehr oder weniger groben Geröllen und sandig bis kiesigen Anteilen zusammengesetzt sind.

Insgesamt wurden zwischen Gsteig und Sitten 31 Profile, mit einer Totallänge von rund 12 km, aufgenommen.<sup>3)</sup> Es wurde ausschließlich die Elektrodenanordnung von Wenner verwendet, und der scheinbare spezifische Widerstand  $\varrho_a$

$$\varrho_a = \frac{2\pi\Delta V a}{J}$$

gemessen. Dabei bedeutet J der Primärstrom,  $\Delta V$  die Potentialdifferenz zwischen den Sekundärelektroden und a der Grundabstand.  $3a$  ist der Abstand der Primärelektroden. Die Auswertung, d. h. die Berechnung der spezifischen Widerstände der einzelnen Schichten aus  $\varrho_a$  wurde ebenfalls nach bekanntem Schema durchgeführt. Als Grundlage dienten vor allem die von W. W. Wetzel und Howard V. McMurry<sup>4)</sup> publizierten Tabellen.

Die erzielten Ergebnisse zeigt Bild 1. Dabei sind die obersten Schichten nicht eingezeichnet, weil ihre spezifischen Widerstände örtlich und zeitlich rasch ändern. Sie sind aber im allgemeinen klein.

Die technische Auswertung dieser Resultate liegt in den Händen der Forschungs- und Versuchsanstalt der PTT.

<sup>3)</sup> Diese Messungen wurden von den Herren K. Vöggtli, dipl. Natw. ETH (als party chief), O. Friedenreich, dipl. Ing. Geol. ETH, R. Waser, dipl. Phys. ETH, R. Berger, M. Dietiker und G. Brühlmann durchgeführt. Herr K. Vöggtli besorgte überdies die Auswertung. Die geologischen Unterlagen hat Herr O. Friedenreich zusammengestellt.

<sup>4)</sup> Geophysics, Bd. 2, 1937, pp. 329–341.

# Spez. Widerstände längs der Hochspannungsleitung Ardon-Saneitsch-Gsteig (Geoelektrische Vermessung 1954)

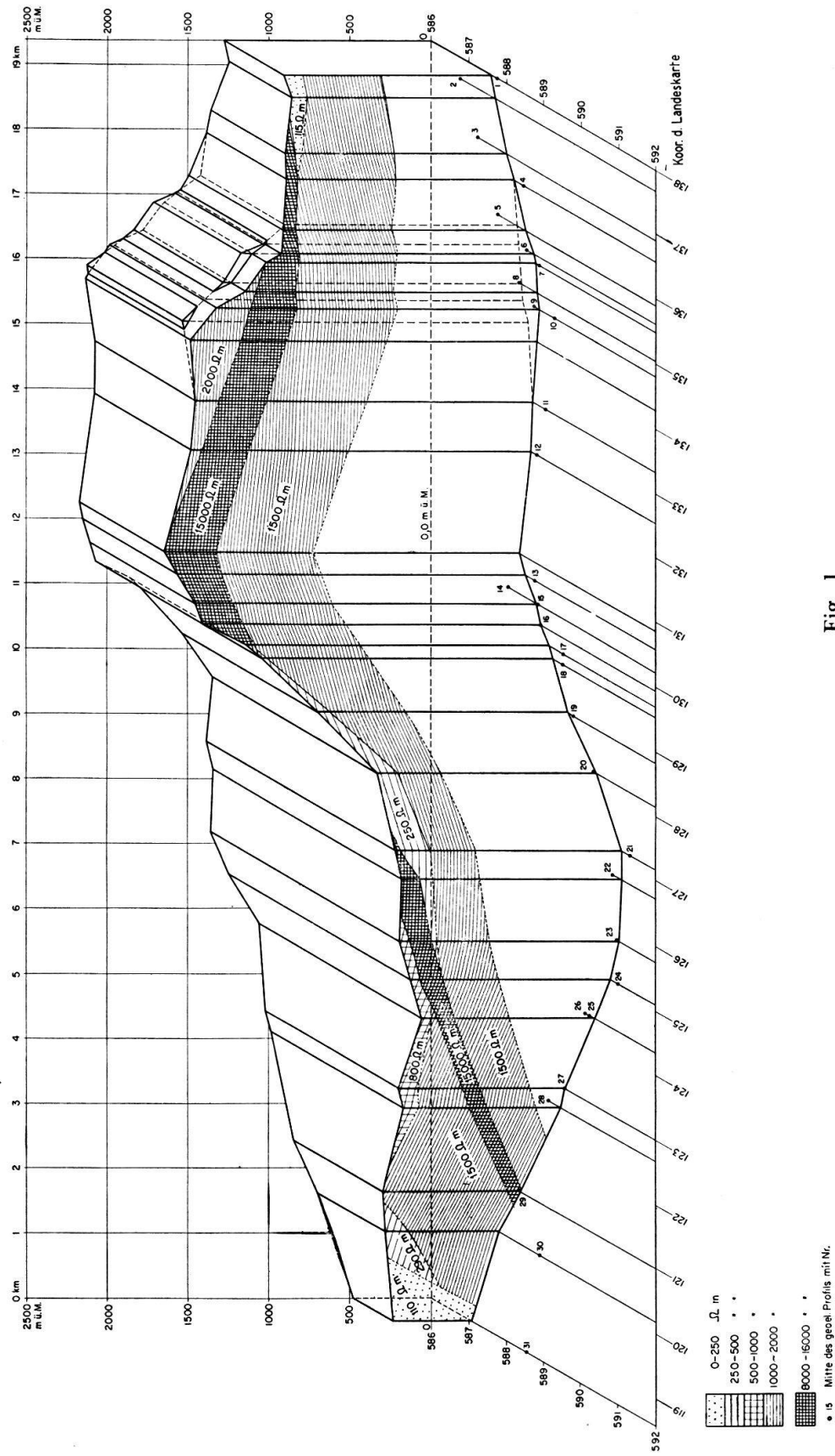


Fig. 1

## Die Messungen im Maggiatal

Als Kartenunterlagen wurden die Blätter 532, 551 und 552 der Landeskarte 1 : 50 000 verwendet. An Stelle des Unimogs wurde ein Willys Stationswagen mit Anhänger eingesetzt.

Das geoelektrisch untersuchte Gebiet, das sich von Pontebrolla bis zur Alpe Campolungo erstreckt, gehört zum penninischen Raum. Man unterscheidet zwischen einem unteren, mittleren und oberem Penninikum. Die unterpenninischen Wurzeln der Decken liegen in der Gegend von Arbedo, die mittelpenninischen bei Bellinzona und die oberpenninischen bei Sesia-Canavese. Diese steigen vorerst steil an, biegen dann nach Norden um und füllen als Decken den ganzen oberen Tessin aus. Im ganzen gesehen sind sie weitgehend erodiert. Die Deckenachsen erfahren in der Tosakulmination, westlich von Bignasco, eine Aufwölbung. Daher schneidet das Maggiatal zwischen Someo und Menzonio die unterpenninischen Decken an, während die Taleinschnitte unterhalb Someo bis Pontebrolla und oberhalb Menzonio bis Fusio im Mittelpenninikum liegen.

Das Gesteinsmaterial ändert sich von der Wurzel bis zur Deckenstirne. Treten in Wurzelnähe vor allem Orthogneise (metamorphe Granite), seltener glimmerreiche Paragneise (metamorphe Sedimente) auf, so wird die Deckenstirne von Sedimenten gebildet. Es wurden talaufwärts u. a. folgende Gesteine anstehend vorgefunden:

- a) von Pontebrolla bis Gordevio feldspatreiche, helle Biotit- und Muskowitgneise,
- b) von Gordevio bis Someo biotitreiche, dunkle Gneise,
- c) von Someo bis Menzonio feldspatreiche, helle Biotit- und Muskowitgneise,
- d) von Menzonio bis Broglio biotitreiche, dunkle Gneise,
- e) von Broglio bis Peccia helle, feinkörnige Gneise.

Die Gneise sind massige bis schiefrige, sehr solide Gesteine. Von Mogno an treten Bündnerschiefer auf, ausgebildet als quarzreiche Granatglimmerschiefer. Das Gebiet des Campolungopasses wird vorwiegend von Bündnerschiefern, triadischen Dolomiten, die zuckerkörnig und von weißer bis blaugrauer Farbe sind, und Kalken aufgebaut.

Das Tal verläuft in der Wurzelzone quer, sonst parallel zum Streichen. Es ist somit zwischen Bignasco und Avegno relativ breit, während die Wurzelzone nördlich von Pontebrolla canyonartig durchbrochen wird.

Die Talauffüllung besteht vorwiegend aus Geschiebe der anstehenden Gneisarten. Sandbildungen sind selten. Die Seitenbäche der Maggia bilden in der Regel große Schuttkegel.

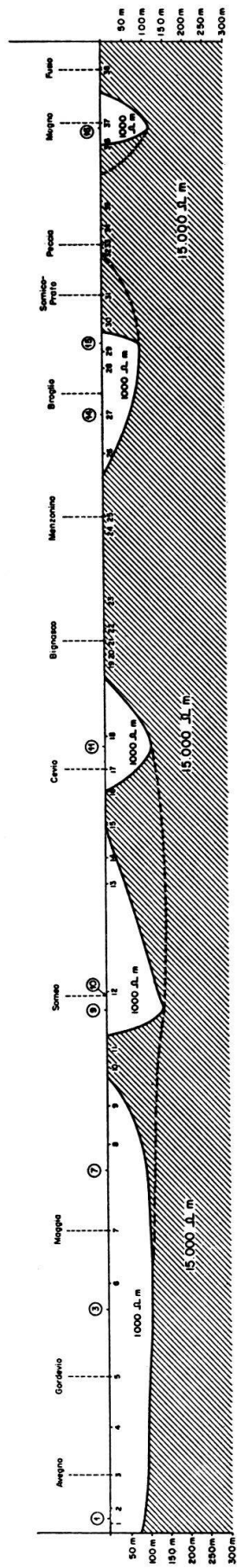
Insgesamt wurden 22 Profile ausgemessen.<sup>5)</sup> Ihre totale Länge beträgt rund 8,5 km. Die Meßtechnik, sowie die Art der Auswertung wurden unverändert beibehalten.

Die Ergebnisse zeigt Bild 2. Dabei wurde die Zickzack-Kurve, die die Hochspannungsleitung von oben betrachtet darstellt, zu einer Geraden gestreckt und die topographischen Höhen weggelassen. Die eingetragenen Werte sind natürlich Mittelwerte. Für das Gebiet des Campolungopasses kann mit einem mittleren spezifischen Widerstand von ca. 10 000  $\Omega$ m gerechnet werden.

Die technische Auswertung übernahm wiederum die Forschungs- und Versuchsanstalt der PTT.

<sup>5)</sup> Diese Messungen wurden von den Herren K. Vögtli, O. Friedenreich, R. Schmidt, G. Brühlmann und E. Zurflüh durchgeführt. Die Auswertung besorgten die Herren Vögtli und Friedenreich; der letztere hat wiederum die geologischen Unterlagen zusammengestellt. Die PTT war durch Herrn Meister vertreten.

# Spez. Widerstände längs der Hochspannungsleitung im Maggiatal (Geoelektrische Vermessung 1955)



**LEGENDE**

- ca. 10.000  $\Omega \cdot m$
- 15.000  $\Omega \cdot m$

- Zahlen 1-38: Knickpunkte der Hochspannungsleitung
- Zahlen ①-⑧: Geoelektr. Profilmitten
- : Verlauf des Felsuntergrundes

ETH Institut für Geophysik  
Zeichnung Nr. 292 - 22.8.55

Fig. 2

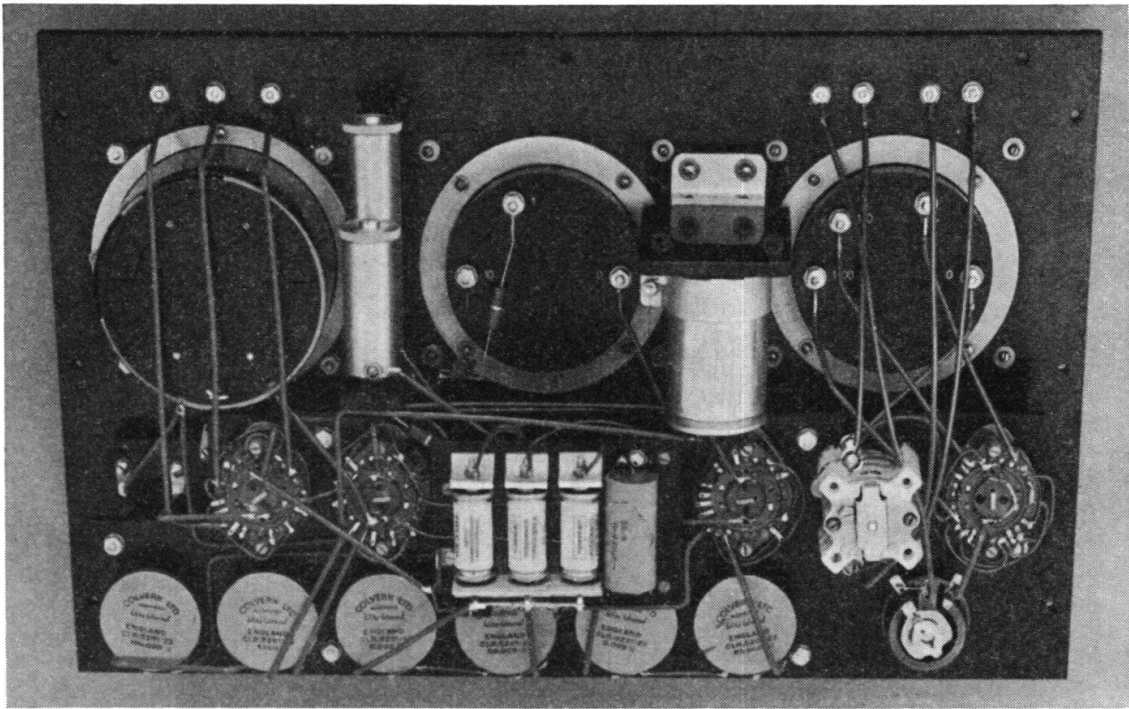


Bild 3. Gesamtansicht des geoelektrischen Meßgerätes ohne Deckel.

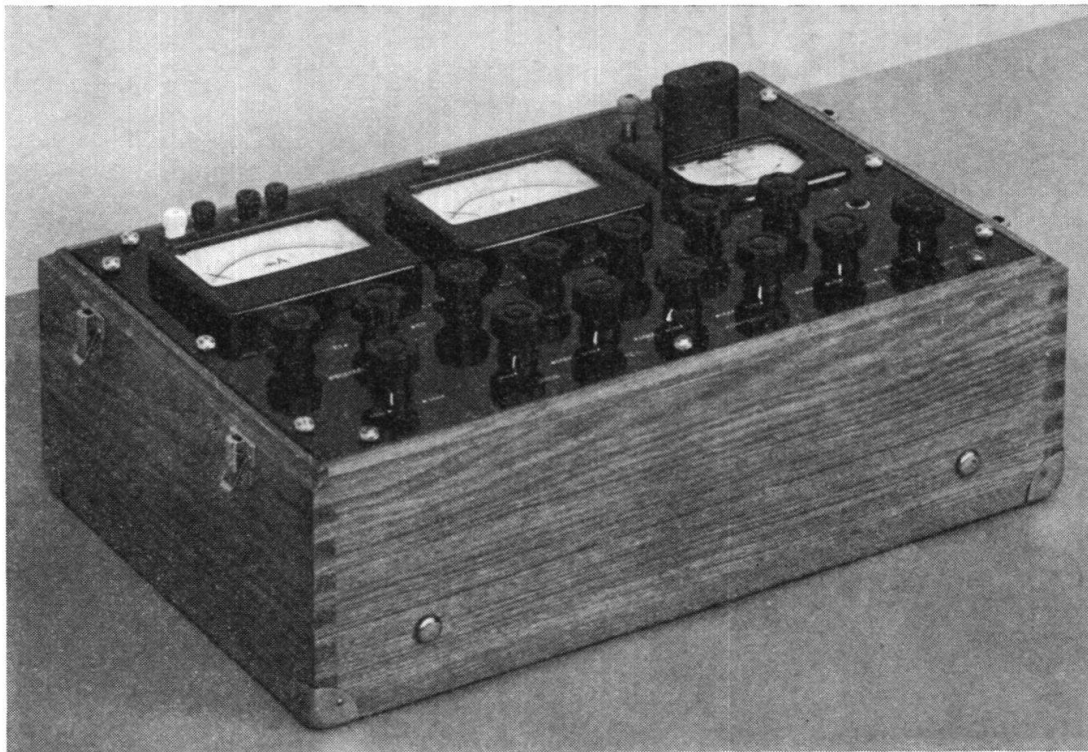


Bild 4. Innenansicht der Frontplatte des geoelektrischen Meßgerätes.

## Ein neues geoelektrisches Meßgerät

Ein geoelektrisches Meßgerät dient, wie man unmittelbar aus der Gleichung für  $\varrho_a$  abliest, zur Messung des Primärstromes  $J$  und der Potentialdifferenz  $\Delta V$ .

Die Messung des Primärstromes, dessen Stärke im allgemeinen zwischen einigen Milliamp. und einem Amp. liegt, bietet ersichtlich keinerlei Schwierigkeiten. Ein Milliampèremeter, das mehrfach geschuntet werden kann und eine Eichgenauigkeit von  $\pm 1\%$  vom Skalenendwert besitzt, ist ausreichend.

Der Grundgedanke der  $\Delta V$ -Messung ist einfach. Die unbekannte Potentialdifferenz  $\Delta V$  wird mit Hilfe eines empfindlichen Galvanometers mit einer bekannten Potentialdifferenz  $\Delta V_k$  verglichen. Die beiden Spannungen  $\Delta V$  und  $\Delta V_k$  sind offensichtlich gleich groß, wenn das Instrument stromlos ist (Kompensation). Nun kann sowohl die Kompensation als auch die Vergleichsspannung  $\Delta V_k$  auf verschiedene Weise erzeugt werden.

Im abgebildeten Meßgerät<sup>6)</sup> (siehe Bild 3 und 4) ist dies wie folgt gelöst.

Die Vergleichsspannung  $\Delta V_k$  wird mit Hilfe eines Stromkreises, der aus einer Batterie, einem variablen Widerstand, einem Milliampèremeter und einem geeichten Widerstand  $R_e$  besteht, erzeugt. Diese Elemente sind in Reihe geschaltet und  $\Delta V_k$  liegt an den Enden von  $R_e$ .  $\Delta V_k$  kann in drei Bereichen von 0,5 mV bis 1000 mV variiert werden. Die Eichgenauigkeit der Widerstände  $R_e$  ist  $\pm 0,1\%$  vom Sollwert und diejenige des Milliampèremeter  $\pm 1\%$  des Skalenendwertes.

Die Kompensation kann wahlweise folgendermaßen durchgeführt werden:

- a) Sind im Untergrund keine Störströme vorhanden und ist der Innenwiderstand  $R_s$ , der durch die beiden Sekundärelektroden dargestellten Stromquelle höchstens von der Größenordnung von  $R_e + R_i$ , wobei  $R_i$  den Innenwiderstand des Galvanometers bedeutet, so schaltet man die beiden Quellen  $\Delta V$  und  $\Delta V_k$  mit dem Galvanometer in Reihe und kompensiert.
- b) Sind im Untergrund keine Störströme vorhanden, ist aber  $R_s$  groß im Vergleich zu  $R_e + R_i$  so ladet man mit der Differenzspannung  $\Delta V - V_k$  vorerst einen Kondensator auf und entladet hernach diesen über das Galvanometer (Stoßkompensation).
- c) Sind im Untergrund konstante oder wenigstens kurzzeitig konstante Störströme vorhanden, so wird vorerst mit dem eingebauten Kompensator die Störspannung kompensiert und erst dann eine Kompensation oder eine Stoßkompensation vorgenommen.
- d) Sind im Untergrund vagabundierende Wechselströme vorhanden, wie z. B. in der Nähe einer Bahn, so wird man vorerst das ebenfalls eingebaute Hochpaßfilter parallel zum Galvanometer schalten und erst dann kompensieren.

Beim Aufbau des Gerätes wurden die Isolationen mit besonderer Sorgfalt ausgeführt.

Manuskript eingegangen am 11. Juni 1956

<sup>6)</sup> Dieses Meßgerät wird nun von der Firma Viterra, Elektronische Meßgeräte, Wallisellen (Zürich) gebaut.