ZEITSCHRIFT

FÜR

GEOPHYSIK

Herausgegeben im Auftrage der

Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft

von

B. Brockamp, Münster i. W.

unter Mitwirkung von **A. Defant**, Innsbruck — **W. Dieminger**, Lindau b. Northeim
W. Hiller, Stuttgart — **K. Jung**, Kiel — **O. Meyer**, Hamburg
F. Möller, Mainz — **H. Reich**, Göttingen.

Jahrgang 26 1960 Heft 6

PHYSICA - VERLAG · WÜRZBURG

INHALTSVERZEICHNIS

Vogel, A.: Laufzeitanomalien von am äußeren Erdkern reflektierten Erdbebenwellen und deren Korrelation zum Schwerkraft- und Nicht-Dipol-Magnetfeld der Erde 273

Porstendorfer, G.: Automatische elektrische Drehsondierungen nach dem Wenner- und Dipolverfahren mit direkter Meßwertregistrierung 276

Koch, H. und *R. Schminder:* Über Sonnenaufgangs- und -untergangserscheinungen im Lang- und Mittelwellenbereich 285

In Memoriam Professor Dr. Beno Gutenberg (*W. Hiller*) 298

Personalien 301

Kleine Mitteilungen 302

Die ZEITSCHRIFT FÜR GEOPHYSIK

erscheint in Jahrgängen zu je 6 Heften. Der Bezugspreis beträgt je Jahrgang 34,— DM, Einzelhefte je nach Umfang. Abonnements verlängern sich jeweils um einen Jahrgang, falls keine ausdrückliche Abbestellung zum Ende eines Jahrganges vorliegt.

In der Zeitschrift werden Originalarbeiten, die weder im In- noch im Ausland veröffentlicht wurden und die der Autor auch anderweitig nicht zu veröffentlichen sich verpflichtet, aus dem Gebiet der reinen und angewandten Geophysik sowie aus den Grenzgebieten aufgenommen. Mit der Annahme des Manuskriptes geht das ausschließliche Verlagsrecht an den Verlag über.

Die Autoren werden gebeten, die Manuskripte in Maschinenschrift mit handschriftlich eingetragenen Formeln druckfertig einzureichen und gesondert eine „Anweisung für den Setzer" beizufügen, aus der zu ersehen ist, wie kursiver, gesperrter oder fetter Satz und griechische, gotische oder einander ähnliche Typen und Zeichen kenntlich gemacht sind (z. B. durch farbige Unterstreichung). Die Vorlagen für die Abbildungen sollen reproduktionsfertig (Tuschzeichnung) möglichst im Maßstab 2:1 eingesandt werden. Die Beschriftung der Abbildungen soll auf einem lose vorgeklebten, durchsichtigen Papier erfolgen. Fußnoten sind fortlaufend zu numerieren und am Ende des Manuskriptes zusammenzustellen; bei Zitaten sind neben Autorennamen, Titel und Zeitschriftentitel, auch Bandnummer, Erscheinungsjahr und Seitenzahl anzugeben.

Jeder Arbeit ist eine „Zusammenfassung" in deutscher und englischer oder französischer Sprache beizufügen.

Der Verfasser liest von der Arbeit in der Regel nur eine Korrektur: etwaige Autorenkorrekturen können nur als Fußnoten bzw. am Schluß des Artikels gebracht werden. Umfangreiche Änderungen bedürfen der Zustimmung des Herausgebers und können nur gebracht werden, wenn sich der Autor bereit erklärt, die Korrekturkosten zumindest teilweise zu tragen.

Von seiner Arbeit erhält der Verfasser 50 Sonderdrucke ohne Umschlag kostenlos. Weitere Sonderdrucke liefert der Verlag gegen Erstattung der Selbstkosten. Eine Honorierung der Beiträge erfolgt nicht.

Für die **Zeitschrift für Geophysik** bestimmte Manuskripte und redaktionelle Anfragen bitten wir an den Herausgeber zu richten:

Prof. Dr. Bernhard Brockamp, Institut für reine und angewandte Geophysik,
Münster (Westfalen), Steinfurter Straße 107

Anschrift der **Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft:**
Hamburg 13, Rothenbaumchaussee 80, Postscheck: Hamburg Nr. 559 83

Es ist ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages nicht gestattet, fotografische Vervielfältigungen, Mikrofilme, Mikrofotos u. ä. von den Zeitschriftenheften, von einzelnen Beiträgen oder von Teilen daraus herzustellen.

Bekanntmachung lt. Bayer. Pressegesetz: Verlag: PHYSICA-VERLAG Rudolf Liebing K.-G., Würzburg, Münzstr. 12. Pers. haft. Ges.: Rudolf Liebing, Arnulf Liebing und Hildgund Holler, sämtlich Buchhändler in Würzburg. Kommanditisten: Friedr. Gäbler, Buchhändler, und Charl. Kuhnert, beide Würzburg.

Typoskript: Physica-Verlag, Würzburg; Offsetdruck: fotokop, Darmstadt.

Printed in Germany

©

PHYSICA-VERLAG, Würzburg 1960

Laufzeitanomalien von am äußeren Erdkern reflektierten Erdbebenwellen und deren Korrelation zum Schwerkraft- und Nicht-Dipol-Magnetfeld der Erde

Von A. Vogel, Uppsala [1)]

Zusammenfassung: Es wird auf eine Abhandlung des Autors in Nr. 3, 1960 von "Gerlands Beiträge zur Geophysik", ebenfalls auf eine kritische Betrachtung von O. Lucke [1] in Nr. 1, 1960 von "Zeitschrift für Geophysik" hingewiesen. Eine deutliche Korrelation zwischen der großräumigen Anomalieverteilung der Laufzeiten von *PcP*, *ScS*, *PcS* und *ScP*, den langwelligen Geoidundulationen und dem Nicht-Dipol-Magnetfeld ist vorhanden. Eine solche Korrelation läßt sich zwangslos unter der Annahme von Wärmekonvektionsströmungen im Innern des Erdkerns erklären.

Abstract: The author refers to a paper by himself in no. 3, 1960 of "Gerlands Beiträge zur Geophysik", and some critical remarks by O. Lucke [1] in no. 1, 1960 of "Zeitschrift für Geophysik". Obviously there exists a correlation between the regional anomaly-distribution of *PcP*-, *ScS*-, *PcS*-, and *ScP*-travel-times, the long waves of the geoidal undulations and the non-dipolmagnetic field of the Earth. Taking into account the existence of convection-currents in the Earth's core, this correlation can be explained without difficulty.

Die von A. Vogel [2] gezeigte Korrelation zwischen den Laufzeitanomalien der am äußeren Erdkern reflektierten Erdbebenwellen, den Geoidundulationen und den von E. H. Vestine aus dem Nicht-Dipol-Magnetfeld berechneten Stromsystemen kann kaum als eine Zufälligkeit aufgefaßt werden. Dagegen stößt die Deutung dieser Anomalien auf eine Schwierigkeit. Qualitativ läßt sich die obige Korrelation erklären, wenn man sich vorstellt, daß in solchen Bereichen, wo die Kernströmung nach außen gerichtet ist, eine Auswölbung der Kerngrenze, eine wegen des Dichtesprunges an der Kerngrenze positive Anomalie im Schwerkraftfeld und eine der Strömungsrichtung entsprechende Anomalie im Magnetfeld an der Erdoberfläche vorliegt. Eine einfache Überschlagsrechnung

1) Dr. A. Vogel, Uppsala, Institute of Geodesy.

(auch von O. Lucke [1] gezeigt) unter Voraussetzung eines Dichtesprunges an der Kerngrenze von 4 g/cm^3 und einer Amplitude der Kerntiefenanomalien von $\pm$ 50 Km ergeben Schwerestörungen, die um eine Größenordnung über den beobachteten liegen.

Die beobachtete Korrelation der verschiedenen geophysikalischen Phänomene läßt sich auf folgende Weise zwangslos erklären: In den Bereichen, wo die Kernströmungen nach oben gerichtet sind, liegt eine der Strömungsrichtung entsprechende Anomalie im Erdmagnetfeld vor. Gleichzeitig wird schwereres Material aus tieferen Teilen des gravitativ differenzierten Erdkerns nach oben transportiert und damit eine positive Anomalie im Schwerefeld hervorgerufen. Gleichzeitig erfolgt wegen des mit nach außen gerichteten Kernströmungen verbundenen Druckes auf den Erdmantel eine Erhöhung der elastischen Konstanten in unteren Teilen des Mantels und damit eine Erhöhung der Geschwindigkeit über einen Teil des Weges von Wellen, die an der Kerngrenze reflektiert werden. Eine zehnprozentige Erhöhung der seismischen Geschwindigkeit über einen doppelt zurückgelegten Weg von 500 Km auf Grund dieses Druckes vom Erdkern im unteren Teil des Mantels erklärt die beobachteten negativen Laufzeitabweichungen. Die Laufzeitanomalien können vollkommen auf die Druckeffekte zurückgeführt werden, sie können jedoch teilweise durch diese, teilweise durch unterschiedliche Kerntiefen hervorgerufen werden, deren Amplitude jedoch wesentlich kleiner als 50 Km ist, vermutlich maximal 5 Km.

Die von O. Lucke gezeigte Möglichkeit einer Beeinflussung der Laufzeiten durch verschiedene Rauhigkeit der reflektierenden Kernoberfläche ist zu erwägen, sofern die oben erwähnten Korrelationen erklärt werden können.

Kerntiefenanomalien von weniger als $\pm$ 5 Km können mit dem bearbeiteten seismologischen Material wegen des Fehlers in den Herddaten nicht nachgewiesen werden. Das ändert nichts an der von A. Vogel angestellten Fehlerbetrachtung, wonach die Laufzeitanomalien größer als die Fehler in den Herddaten sind, insbesondere, wenn man von der Differenz zwischen der *P* - Welle und der *PcP*- Welle ausgeht, wodurch Fehler in der Herdzeit eliminiert werden.

Literatur

[1] Lucke, O.: Bemerkungen zur Dissertation von A. Vogel: Über Unregelmäßigkeiten der äußeren Begrenzung des Erdkerns (auf Grund von am Erdkern reflektierten Erdbebenwellen). Zeitschr. f. Geophysik, Heft 1, (1960) S. 50 - 56.

[2] Vogel, A.: Über Unregelmäßigkeiten der äußeren Begrenzung des Erdkerns. Veröffentl. d. Württemb. Hauptstation f. Erdbebenforschung, Stuttgart. Ebenfalls Gerlands Beiträge zur Geophysik 69, Heft 3, (1960) S. 150-174.

Automatische elektrische Drehsondierungen nach dem Wenner- und Dipolverfahren mit direkter Meßwertregistrierung [1] [2]

Von G. Porstendorfer, Freiberg [3]

Zusammenfassung: Durch eine gekreuzte Wenneranordnung, deren senkrecht aufeinanderstehende Stromelektroden mit Stromwerten gespeist werden, die dem Sinus bzw. Cosinus des Sondierungsazimuts entsprechen, kann man eine Drehsondierung durchführen, ohne die Elektroden umzuschlagen. Die zugehörigen Spannungswerte werden dabei automatisch über zwei gekreuzte Sondenpaare nach Richtung und Größe mit einem Tellurik-Vektorschreiber fotografisch registriert. Für Drehsondierungen mit größerer Eindringtiefe eignet sich eine Dipol-Anordnung, bei der die Strom- und Spannungsdipole ebenfalls in gekreuzter From verwendet werden. Die Speisestromwerte als Funktion des Azimuts werden angegeben. Das mit dem Koordinatenschreiber registrierte Bild zeigt die Feldanisotropie, die leicht in eine Anisotropie des scheinbaren spezifischen Widerstandes umgezeichnet werden kann. Einige Meßbeispiele werden beigegeben.

Abstract: By a crossed Wenner arrangement, whose current electrodes standing vertically on one another are supplied with current values corresponding to the sine and cosine of the azimuth of investigation, a rotating sounding can be carried out without exchanging the electrodes. On this occasion the pertaining voltage values are automatically recorded by two crossed probe pairs by direction and size with a telluric vector-recorder by means of photographs. For rotating probes with greater depth of penetration a dipole arrangement is

---

[1] Vortrag auf der 24. Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft, 12.-15. April 1961 in Hannover.

[2] Veröffentlichung Nr. 3 der Arbeitsstelle für Praktische Geophysik, Freiberg (Sa), der DAW Berlin, Leiter: Prof. Dr. O. Meißer.

[3] G. Porstendorfer, Arbeitsstelle für praktische Geophysik, Freiberg (Sa), der DAW Berlin, Freiberg (Sa), Brückenstraße.

suitable, using the current and voltage dipoles also in crossed form. The supply current values as a function of azimuth are given. The figure recorded by the coordinate recorder shows the field anisotropy which can easily be transformed into an anisotropy of the apparent specific resistance. A few measuring examples are added.

Elektrische Drehsondierungen sind oft, vornehmlich bei größerer Eindringtiefe, durch erhebliche Vermessungsarbeiten und das notwendige Umschlagen der Sonden mit größerem Aufwand belastet.

Die Möglichkeit, einen umlaufenden elektrischen Feldvektor über ein festes gekreuztes Sondenpaar mit einem Tellurik-Vektorschreiber fotografisch aufzunehmen, führte uns auch zu einer neuen Technik der Stromeinspeisung bei Drehsondierungen über ein festes gekreuztes Elektrodenpaar. Eine Drehsondierung kann so in wenigen Minuten bei automatischer Meßwertregistrierung durchgeführt werden, ohne daß die Elektroden und Sonden umgeschlagen werden müssen. Die Einspeisung der Stromwerte in die zwei Komponenten als Funktion des Azimuts des umlaufenden Stromdipols muß so erfolgen, daß dann ein kreisförmiger Umlauf des Feldvektors im homogenen Halbraum erfolgen würde. Die Technik soll an Hand von zwei gekreuzten Vierpunkt-Anordnungen aufgezeigt werden.

1. Gekreuzte Wenner-Anordnung

In Abb. 1 ist die feste Elektroden-Sondenkombination bei der Wenner-Anordnung zusammen mit dem allgemeinen Schaltbild für die Stromzuführung und die Spannungsaufnahme aufgeführt.

Ein kreisförmiger Umlauf der über die Sondenkombination $\overline{MN}$, $\overline{M'N'}$ aufgenommenen Spannung U_0

$$U_0 = \sqrt{(\Phi_M - \Phi_N)^2 + (\Phi_{M'} - \Phi_{N'})^2} = \frac{I_0 \cdot \rho}{2\pi a} \tag{1}$$

Φ = Potential

ρ = spezifischer Widerstand des homogenen Halbraumes

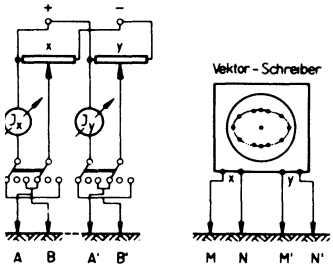
$$a = \overline{MN} = \overline{M'N'} = \frac{\overline{AB}}{3} = \frac{\overline{A'B'}}{3}$$

entsteht, wenn man die Stromwerte in die Komponenten x und y wie folgt einspeist:

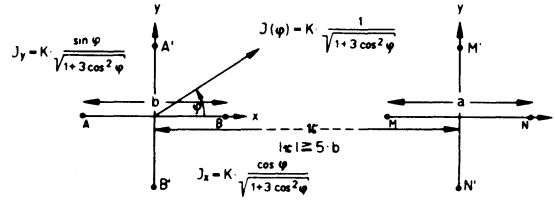
$$I_x = I_0 \cos \phi$$

(2)

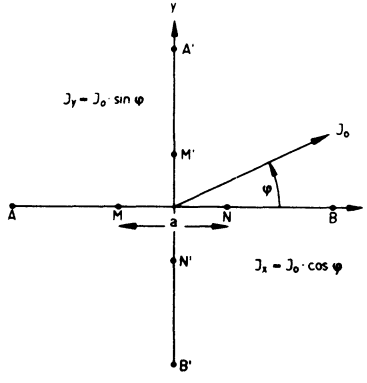
$$I_y = I_0 \sin \phi \, .$$



Schaltanordnung



Dipol – Drehsondierung



Wenner – Drehsondierung

Abb. 1: Schaltbild der Stromeinspeisung und Spannungsaufnahme sowie Elektroden- und Sondenkombination bei der Wenner- und Dipolanordnung für automatische elektrische Drehsondierungen

A, B, A', B' Stromelektroden (Eisenspieße)

M, N, M', N' Spannungssonden (unpolarisierbare Elektroden)

Dabei gelingt es, mit 3 Stromeinstellungen in jeder Komponente mit Hilfe der in Abb. 1 aufgeführten Umpoler 12 Spannungswerte in Abständen von 30° (für den homogenen Halbraum) in allen 4 Quadranten zu erzeugen. Das Schema der Stromeinstellung als Funktion des Azimuts und das Umpolschema sind in Tab. 1 aufgeführt.

Tabelle 1

Schema der Stromeinstellung als Funktion des Azimuts und Umpolschema bei der gekreuzten Wenner-Anordnung

Azimut ϕ	I_{+x}	I_{+y}
0°	$1{,}00 \cdot I_0$	0
30°	$0{,}87 \cdot I_0$	$0{,}50 \cdot I_0$
60°	$0{,}50 \cdot I_0$	$0{,}87 \cdot I_0$
90°	0	$1{,}00 \cdot I_0$

Umpolschema:	I_{+x}	I_{+y}	I_{+x} I_{-y}	I_{-x} I_{-y}	I_{-x} I_{+y}

Beispiele einer solchen Drehsondierung sind in Abb. 2 aufgeführt.

Bei Drehsondierungen mit größerer Eindringtiefe in Gebieten mit starken tellurischen oder vagabundierenden Strömen ist die Wenner-Anordnung nicht geeignet, weil der Einfluß dieser Störerscheinungen mit zunehmendem Sondenabstand wächst. Man könnte dann die Drehsondierungen mit einer gekreuzten Schlumberger-Anordnung durchführen, die aber den Nachteil hat, daß man recht große Elektrodenkreuze auslegen muß.

2. Gekreuzte Dipolanordnung

In der Sowjetunion wird erfolgreich zur Sondierung auf größere Tiefen die Dipol-Methode angewendet. Hierbei können Speise- und Empfangsdipole ohne übermäßige Zunahme ihrer Länge weit voneinander entfernt werden, wobei die Eindringtiefe vom Abstand der beiden Dipole bestimmt wird [1].

Zur Drehsondierung nach diesem Verfahren verwenden wir wieder nach dem Schema der Abb. 1 gekreuzte Strom- und Spannungsdipole.

Ein am Stromdipolkreuz im Azimut ϕ eingeführter Strom der Stärke $I(\phi)$ erzeugt dabei am Spannungsdipolkreuz eine Feldstärke

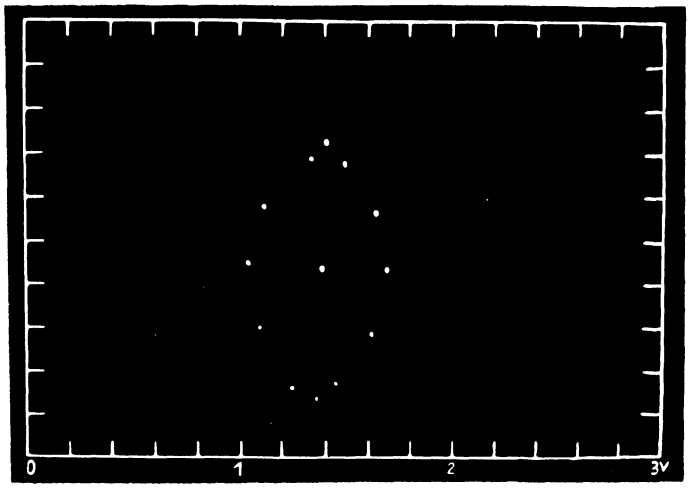


Abb. 2a: $a = 2$ m; $I_0 = 0{,}5$ mA; 1 Skalenteil = 13,5 mV

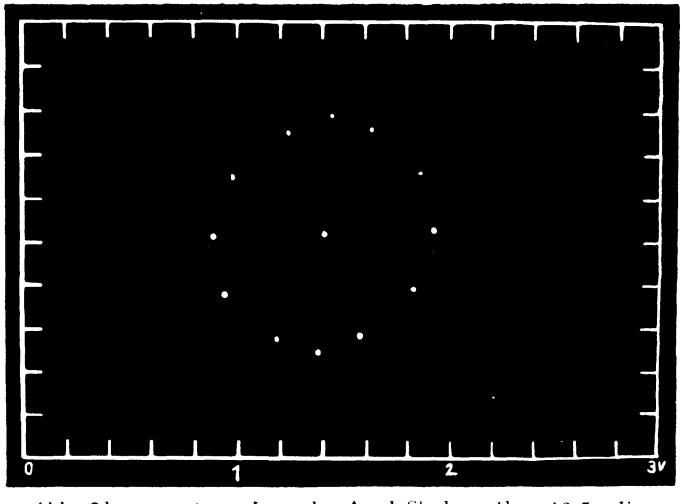


Abb. 2b: $a = 4$ m; $I_0 = 1$ mA; 1 Skalenteil = 13,5 mV

Beispiele automatischer Drehsondierungen nach der Wenner-Methode, die am selben Punkt mit verschiedenen Eindringtiefen durchgeführt wurden

$$\mathfrak{E} = \frac{3\,(\vec{p}\cdot\mathfrak{r})}{r^5}\,\mathfrak{r} - \frac{\vec{p}}{r^3}$$

(3)

$$\vec{p} = \frac{\rho\cdot I(\phi)\cdot b}{2\pi}\cdot \mathfrak{e}_\phi \qquad |\mathfrak{r}| \geqq 5\,b$$

$$|\mathfrak{E}| = \frac{1}{a}\sqrt{(\Phi_M - \Phi_N)^2 + (\Phi_{M'} - \Phi_{N'})^2} = |\vec{p}| \cdot \frac{1}{r^3}\sqrt{1 + 3\cos^2\phi}$$

(4)

$$= \frac{\rho \cdot b}{2\,r^3} \cdot I(\rho)\sqrt{1 + 3\cos^2\phi}$$

Φ = Potential

ρ = spezifischer Widerstand des homogenen Halbraumes

a = Spannungsdipollänge

b = Speisestromdipollänge

$\mathfrak{r}$ = Abstand von Speisestrom- und Spannungsdipol

$\mathfrak{e}\,\phi$ = Einheitsvektor im Azimut des eingeführten Stromes

Wir fordern nun, daß beim Umlauf des Stromdipols mit der Stromstärke $I(\phi)$ im homogenen Halbraum ein kreisförmiger Umlauf des Feldvektors am Spannungsdipol entstehen soll.

$$|\mathfrak{E}| = \text{const} = C_0 .$$

Damit wird, im Gegensatz zur Drehsondierung nach der Wenner-Methode, der eingeführte Strom vom Azimut ϕ nach der Beziehung

(6)
$$I(\phi) = \frac{C_0 \cdot r^3 \cdot 2\pi}{b \cdot \rho}\,\frac{1}{\sqrt{1 + 3\cos^2\phi}}$$

abhängig. Mit

$$\frac{C_0 \cdot r^3 \cdot 2\pi}{b \cdot \rho} = K$$

erhalten wir für die Einspeisung der Stromwerte in die Komponenten x und y die Ausdrücke

(7)
$$I_x = K\,\frac{\cos\phi}{\sqrt{1 + 3\cos^2\phi}}$$

$$I_y = K\,\frac{\sin\phi}{\sqrt{1 + 3\cos^2\phi}} .$$

Wieder genügen 3 Stromeinstellungen in jeder Komponente bei entsprechenden Umpolungen, um 12 Feldvektoren in allen 4 Quadranten zu erzeugen.

Das Schema der Stromeinstellung als Funktion des Azimuts und das Umpolschema sind in Tab. 2 aufgeführt.

Tabelle 2

Schema der Stromeinstellung als Funktion des Azimuts und Umpolschema bei der gekreuzten Dipolanordnung

Stromdipol-Azimut ϕ	I_{+x}	I_{+y}
0°	$K \cdot 0{,}50$	0
30°	$K \cdot 0{,}48$	$K \cdot 0{,}28$
60°	$K \cdot 0{,}38$	$K \cdot 0{,}66$
90°	0	$K \cdot 1{,}00$

Umpolschema:								
	I_{+x}	I_{+y}	I_{+x}	I_{-y}	I_{-x}	I_{-y}	I_{-x}	I_{+y}

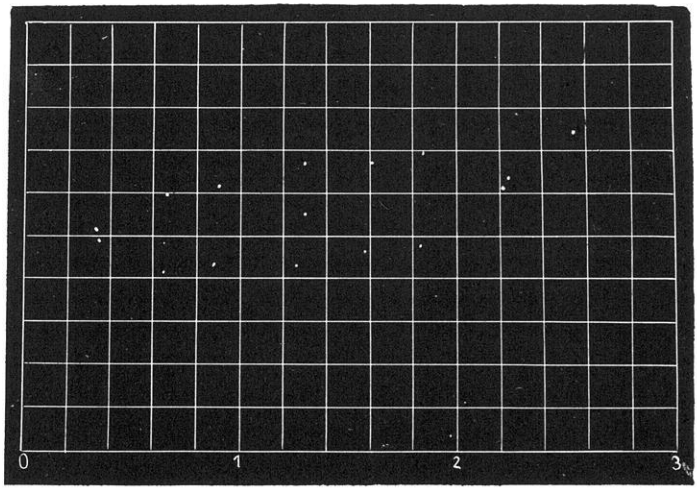


Abb. 3 a: $r = 10$ m; $a = 2$ m; $b = 2$ m
$I_{max} = K = 0{,}2$ A; 1 Skalenteil = 13,5 mV

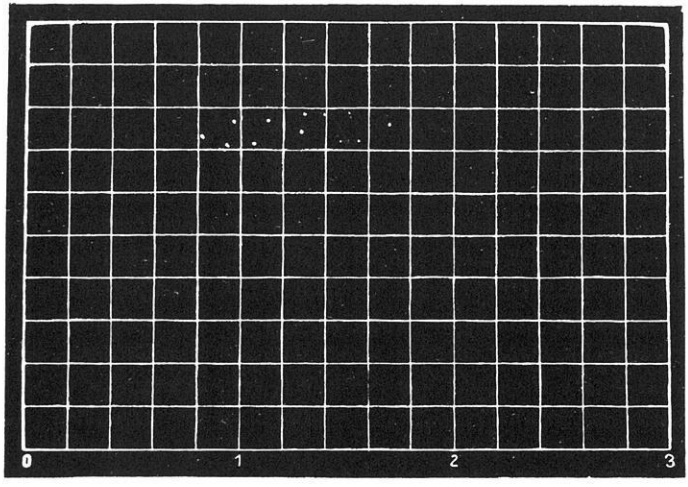


Abb. 3b: $r = 20$ m; $a = 2$ m; $b = 4$ m
$I_{max} = K = 0{,}2$ A; 1 Skalenteil $\widehat{=}$ 13,5 mV

Beispiele automatischer Drehsondierungen nach dem Dipol-Verfahren für dieselbe Lage des Spannungsdipols, aber verschiedene Eindringtiefen

Beispiele einer solchen Drehsondierung sind in Abb. 3 aufgeführt.

Für sehr große Eindringtiefen liefert die absolute Ellipse der Tellurik die automatische Drehsondierungskurve, die sich allerdings nur nach ihren Vorzugsrichtungen interpretieren läßt. Die mit dem Vektorschreiber aufgenommenen Drehsondierungsbilder stellen grundsätzlich Bilder der Feldanisotropie dar, während die nach der klassischen Drehsondierungs-Technik aufgenommenen Diagramme ein Abbild der Anisotropie des scheinbaren spezifischen Widerstands der jeweiligen Anordnung geben. Abb. 4 zeigt für die Wenner-Anordnung, wie man aus einer aufgenommenen Kurve der Feldanisotropie die zugehörige Anisotropie des scheinbaren spezifischen Widerstandes ermitteln kann, indem man die einem bestimmten Speisestromazimut zugeordneten Feldwerte auf diese Richtung projeziert, in der bei der klassischen Drehsondierungstechnik auch die Aufnahmesonden stehen.

Dank

Für wertvolle Hinweise und Bereitstellung der Institutsmittel für diese Studie ist der Verfasser Herrn Prof. Dr. O. Meißer zu besonderem Dank verpflichtet.

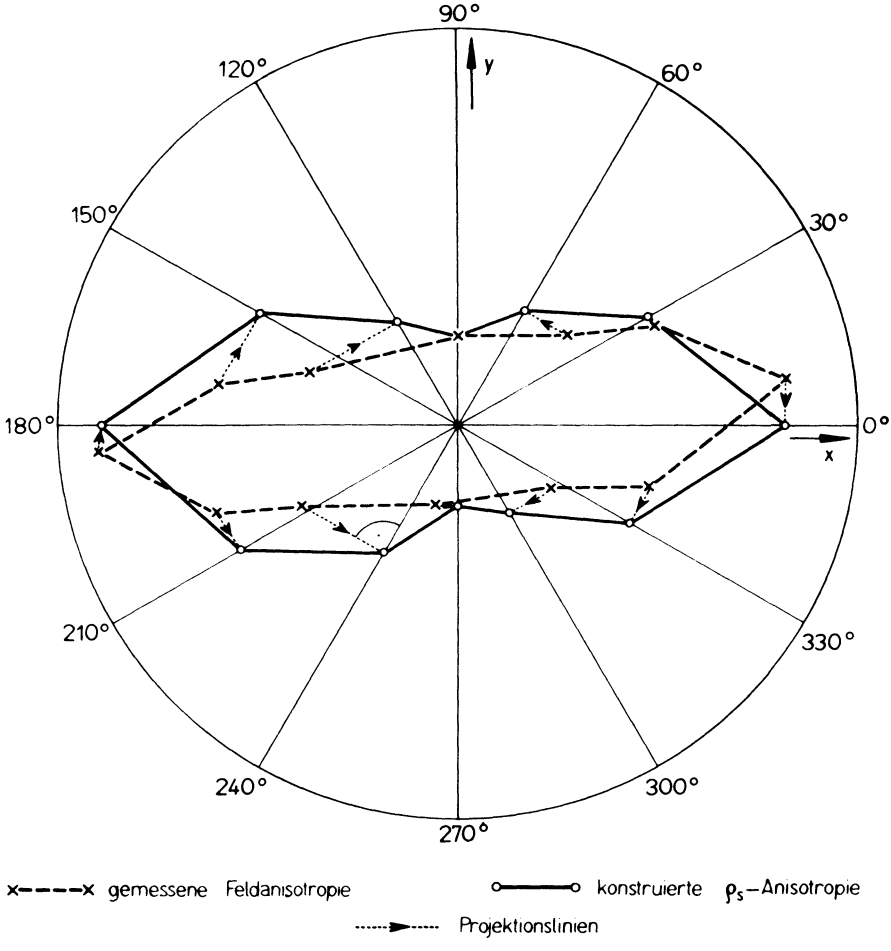


Abb. 4: Zur Umzeichnung der gemessenen Feldanisotropie in die Anisotropie des scheinbaren spezifischen Widerstandes ρ_s bei der Wenner-Anordnung

Literatur

[1] Ri, S.: Die Dipolsondierung. Diplomarbeit 1960 am Institut für Angewandte Geophysik der Bergakademie Freiberg (z.Z. im Druck als Freiberger Forschungsheft C 114).

Über Sonnenaufgangs- und -untergangserscheinungen im Lang- und Mittelwellenbereich

Von H. Koch und R. Schminder, Leipzig [1)]

Zusammenfassung: Zur Untersuchung von Sonnenaufgangs- und Sonnenuntergangserscheinungen im Lang- und Mittelwellenbereich wurden Schrägeinfallsmessungen der Rundfunksender Brasov 155 kHz und Mělník 1286 kHz benutzt. Es konnte aus den Registrierungen festgestellt werden, daß die Raumwellen von Brasov tagsüber an der D-Schicht und nachts an der E-Schicht reflektiert werden.

Ein solcher Sprung von der E-Schicht- zur F-Schicht-Reflexion kann aus den Registrierungen des Senders Mělník nicht entnommen werden. Die Änderung der Ausbreitungscharakteristik in den Morgen- und Abendstunden wird damit erklärt, daß die benutzte Frequenz nahe der Gyrofrequenz der Elektronen in der E-Schicht-Höhe liegt.

Abstract: The phenomena caused by the sunset and sunrise in the long- and medium-wave ranges were examined by inclined incidence measurements of the radio stations Brasov 155 kilocycles and Mělník 1286 kilocycles. The recordings showed that the reflected waves of Brasov are reflected by day by the D-layer and by night by the E layer.

1. Einführung

Zur Untersuchung von Sonnenaufgangs- und -untergangserscheinungen im D- und E-Schicht-Niveau wurde Anfang 1959 die Registrierung des Mittelwellensenders Mělník 1286 kHz und des Langwellensenders Brasov 155 kHz aufgenommen. Der Empfang erfolgt mit Allwellenempfängern, die Registrierung mit

[1)] H. Koch und R. Schminder, Geophysikalisches Observatorium Collm des Geophysikalischen Instituts der Karl-Marx-Universität, Leipzig.

Schlägbügelschreibern auf Rollendiagrammpapier. Als Antenne wird eine Langdrahtantenne verwendet. Die Auswahl der Sender wurde so getroffen, daß man für beide Sender beim Übergang von Tag- und Nachtverhältnissen infolge der Änderung der Ladungsträgerdichte in der Ionosphäre einen Wechsel des Reflexionsniveaus (für Mělník von der E- zur F-Schicht, bei Brasov von der D- zur E-Schicht) annehmen kann. Die Untersuchung soll zeigen, in welchem Frequenz- und Höhenbereich der Übergang von der Tag- zur Nachtausbreitung als Sprung der Raumwellenreflexion von einer Ionosphärenschicht auf eine andere erfolgt und inwieweit die starke Stoßdämpfung in tieferen Reflexionsniveaus eine auf die Sprungbeobachtung gegründete Aussage über Ionisation und Ladungsträgerdichte und jahreszeitliche Variationen der Schichtparameter (Höhe, Eindringdämpfung) beeinträchtigt. Dabei war es klar, daß bei Melnik in vielen Nächten keine Reflexion an der F-Schicht stattfinden konnte, da, wie von mehreren Autoren ([6, 7]) gezeigt wurde, die E_s-Schicht häufiger vorhanden ist als früher angenommen wurde und die F-Schicht besonders für Schrägeinfallsmessungen abdeckt. Es wird über einjährige Messungen berichtet und das vorläufige Ergebnis mitgeteilt.

2. Allgemeine Betrachtungen

Die Positionen von Sender und Empfänger sind:

Brasov (Stalin)	$\phi_1 = 45^\circ 38{,}3'$ n. B.
	$\lambda_1 = 25^\circ 36{,}5'$ ö. L.
Mělník	$\phi_2 = 50^\circ 22{,}0'$ n. B.
	$\lambda_2 = 14^\circ 29{,}0'$ ö. L.
Collm	$\phi_3 = 51^\circ 18{,}6'$ n. B.
	$\lambda_3 = 13^\circ\ 0{,}2'$ ö. L.

Die Koordinaten wurden aus der Karte entnommen.

Unter Berücksichtigung der Erdkrümmung beträgt die Großkreisentfernung Collm-Brasov $10{,}5^\circ = 1\,120$ km, der Abstrahlwinkel der Raumwelle bei einer angenommenen Reflexion in $h = 80$ km $\alpha = 5^\circ 34'$. Eine Berechnung der unter diesem Abstrahlwinkel α notwendigen Elektronendichte N in der angenommenen Reflexionshöhe zeigt, daß die Raumwellenreflexion in diesem Falle maßgeblich nicht nur von N, sondern auch von der Stoßzahl ν abhängt.

Nimmt man $\nu \approx 10^6\, s^{-1}$ [1] an, so erhält man mit $2\pi f = \omega = 0{,}9734 \cdot 10^6\, s^{-1}$ und $R = 6\,370$ km unter Vernachlässigung der Änderung der Dielektrizitätskonstanten mit der Höhe einen Wert von $N = 20\ \mathrm{cm}^{-3}$. Eine Abschätzung der Variationsbreite ergibt unter Berücksichtigung der Änderung von ϵ eine Elektronendichte von 20-50 Elektronen/cm^3. 20-50 Elektronen /cm^3 sind aber zu Beginn des Sonnenunterganges (SU) auch in wesentlich geringerer Höhe vorhanden, während am Morgen, besonders im Winter, die D-Schicht bis unter diesen Betrag abgebaut sein kann.

Es soll in erster Näherung angenommen werden, daß die verwendete Welle tagsüber im D-Niveau, nachts im E-Niveau reflektiert wird. Tritt in den Übergangszeiten ein Sprung auf, so wird er am Morgen am deutlichsten zu beobachten sein, da bereits die um den Sonnenaufgang (SA) einsetzende Elektronenablösung durch das zuerst einfallende langwelligere Sonnenlicht [2] die Reflexionshöhe wieder absinken läßt. Auch der Sonnenaufgangseffekt, wie er besonders im Längstwellenbereich bereits mehrfach untersucht worden ist ([2] und [3]), muß in diesem Frequenzbereich besonders deutlich auftreten, da die Höhenänderung relativ groß ist und rasch vor sich geht. Abends hängt die Zunahme der Feldstärke von der Abnahme der Dämpfung bzw. von der Verlagerung der Reflexion in ein Niveau mit geringerer Stoßzahl ab. Bezüglich N sind die Reflexionsbedingungen in der gesamten D-Schicht noch lange gegeben.

Diese Veränderung wird um so besser zu erkennen sein, je stärker der Tag-Nacht-Unterschied bzw. je größer der Übergangsgradient und der absolute Höhenunterschied ist. Das trifft für die Sommermonate zu. Im Winter wird der Übergang stetiger sein, kleine irreguläre Änderungen der Dämpfungsverhältnisse (Änderungen im thermodynamischen oder auch photochemischen Zustand der Ionosphäre [4]) bewirken große Änderungen der Raumwellenfeldstärke. Der Sonnenuntergangseffekt ist nicht mehr, wie im Sommer, einwandfrei zu erkennen.

Für Mělník liegen die Verhältnisse etwas anders. Die Großkreisentfernung Collm-Mělník beträgt 156 km. Der Abstrahlwinkel der Raumwelle kann bei der geringen Entfernung über einer Ebene berechnet werden, er beträgt dann $\alpha = 52°$. Nimmt man tagsüber eine Reflexion in einer Höhe von $h = 100$ km an, so muß dort die zur Reflexion minimal erforderliche Elektronendichte $1{,}3 \cdot 10^{-4}\ \mathrm{cm}^{-3}$ betragen ($2\pi f = \omega = 8{,}08 \cdot 10^6\, s^{-1}$, $R = 6\,370$ km, ν wurde zu $10^5\, s^{-1}$ angenommen). Setzt man voraus, daß die maximale Elektronendichte der E-Schicht mittags zwischen $1{,}0 - 1{,}5 \cdot 10^5\ \mathrm{cm}^{-3}$, nachts aber um $1{,}0 \cdot 10^4\ \mathrm{cm}^{-3}$ liegt, ist in den Übergangstageszeiten für die Frequenz 1286 kHz ein Wechsel des Reflexionsniveaus anzunehmen, im Falle keine Abdeckung durch E_s- Ionisation erfolgt. Dieser echte Sprung der Reflexion wird aber verhältnismäßig spät liegen.

Beträgt der Rekombinationskoeffizient für das E-Niveau 10^{-8} cm^3/s, so läßt sich die Zeit des Ladungsträgerrückganges von $1{,}0 \cdot 10^5$ cm^{-3} auf $1 \cdot 10^4$ cm^{-3} auf vielleicht 2 1/2 Stunden nach Sonnenuntergang in der E-Schicht abschätzen. Das steht in guter Übereinstimmung mit den Angaben von W. Elling [6]. Tritt eine Änderung des Ausbreitungstyps in den Registrierungen früher ein, so ist die Ursache jedenfalls mehr in einer Änderung der Dämpfungsverhältnisse in und unter dem E-Niveau zu suchen, eine Überlegung, die dadurch noch gestützt wird, daß die verwendete Frequenz mit 1,286 MHz der Gyrofrequenz (1,3 MHz) sehr nahe kommt. Ein Vergleich mit Echolotungsaufnahmen ist leider nicht möglich, da bei dem angegebenen Abstrahlwinkel die verwendete Frequenz einer Lotungsfrequenz von 1 MHz entspricht und der Durchdrehbereich der meisten Anlagen nicht so weit herunterreicht.

Es ist nun nötig, die Registrierungen auf die gefolgerten Erscheinungen hin zu untersuchen und die entsprechenden Schlußfolgerungen zu ziehen.

3. Aufbereitung des Materials und Auswertemethodik

Für die Auswertungen standen die Registrierungen von Brasov ab Februar 1959 und von Mělník ab Mai 1959 zur Verfügung, die bis einschließlich Oktober bzw. Mai 1960 zur Verarbeitung herangezogen wurden. Auf Grund der starken interdiurnen Veränderlichkeit der Übertragungsverhältnisse in der tiefen Ionosphäre war es von vornherein klar, daß nur Monatsmittel der täglichen "Sprungzeit", wie wir den Zeitpunkt des Überganges von einem Niveau in ein anderes nennen wollen, eine vernünftige, wenn auch keine unbedingt signifikante Aussage geben können.

Bei der Registrierung des Senders Brasov wurde für den morgendlichen Sprung der Zeitpunkt gewählt, zu dem in scharfer Feldstärkeabnahme das Nachtniveau verlassen wird. Es ist verhältnismäßig genau festlegbar und dürfte auch der physikalischen Realität weitgehend entsprechen. Auf dem Registrierstreifen wurde das Verlassen des Anschlages abgelesen.

Abends ist die einheitliche Festlegung der Sprungzeit mit einem festen Merkmal schwieriger, da der Sonnenuntergangseffekt eine sichere Erkennung des Momentes des schnellen Feldstärkeanstieges oft nicht zuläßt und der Beginn der D-Schicht-Auflösung oft in weiten Grenzen schwankt. Um trotzdem ein einheitliches Merkmal zu gewinnen, wurde unter Verzicht auf eine genaue physikalische Realität der Zeitpunkt gewählt, bei dem die Registrierung den Anschlag er-

reicht. Damit ist gesichert, daß der Sprung möglicherweise bereits kurz vor diesem Zeitpunkt, aber nicht später erfolgt sein kann.

Aus den Registrierungen des Senders Mělník wurden die Zeiten der Änderungen des Reflexionstypus in den Morgen- und Abendstunden entnommen. In welcher Weise sich dabei der Ausbreitungstyp ändert, zeigen die Abb. 7 und 8.

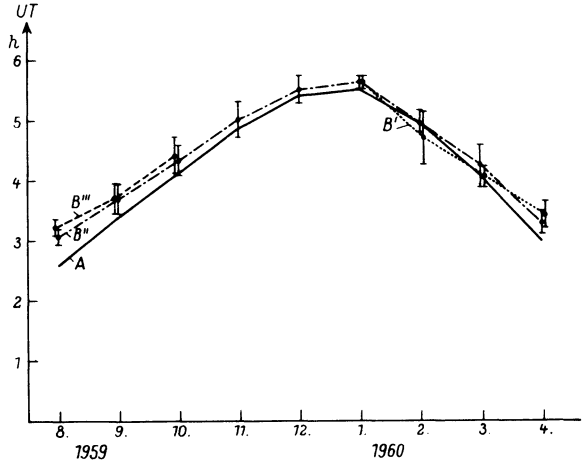


Abb. 1: *A* ———— Sonnenaufgang in 80 km Höhe am Reflexionspunkt
B' 1959
B'' – – – – – 1959/60 } Sprungzeit
B''' – . – . – . 1960

Fig. 1: *A* ———— Sunrise in 80 km height at the reflexion point
B' 1959
B'' – – – – – 1959/60 } transition time
B''' – . – . – . 1960

Sofern kein Sprung oder keine Änderung des Reflexionstypus zu erkennen oder die Registrierung gestört war, wurde der Tag ausgelassen. Das war z.B. bei Brasov bezüglich der Abendwerte bei etwa 15% und bezüglich der Morgenwerte bei 30% der Tage der Fall. Die Zeiten der anderen Tage wurden monatsweise gemittelt. Danach wurde das Mittel der Abweichungen der einzelnen Tage von diesem Monatsmittel gebildet. Alle Tage, an denen die Abweichung vom Monatsmittel größer als das Doppelte der mittleren Abweichung war, wurden ausgeschieden. Es handelt sich durchschnittlich um 10% der Tage. Aus den übrigen Tagen wurde ein neues Monatsmittel gebildet, das zusammen mit der Sonnenauf- bzw. -untergangszeit graphisch aufgetragen wurde (Abb. 1, 2 und 5, 6).

Die vertikalen Strecken durch die Kurven geben die mittlere Abweichung. In der doppelten Länge dieser Strecken liegen alle Meßwerte. Die Berechnungen der *SA*- und *SU*-Zeiten wurden für die Reflektionspunkte und für verschiedenen Höhen für Brasov und Mělník für jeden 15. des Monats unter Annahme mittlerer Werte für die Deklination δ der Sonne und der Zeitgleichungskorrekturwerte vorgenommen.

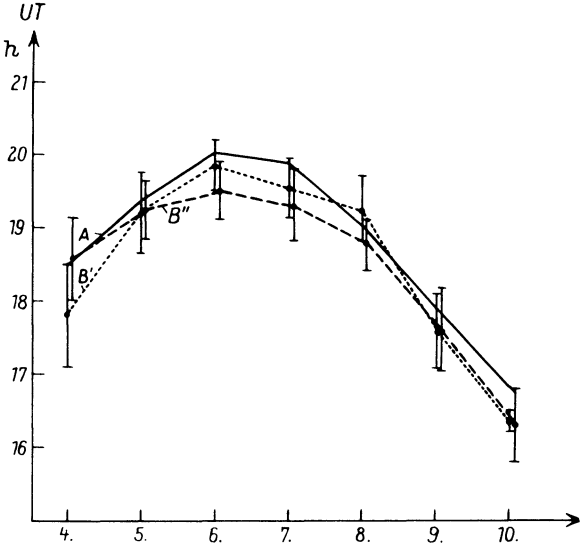


Abb. 2: *A* ———— Sonnenuntergang in 80 km Höhe im Reflexionspunkt
B' . . . . . Sprungzeit 1959
B'' – – – – – Sprungzeit 1960

Fig. 2: *A* ———— Sunset in 80 km height in the reflexion point
B' . . . . . transition time 1959
B'' – – – – – transition time 1960

4. Ergebnisse

4.1. Sonnenaufgangserscheinungen im Langwellenbereich

Die Abb. 1 enthält den jährlichen Gang der Sprungzeiten für den Sender Brasov und des Sonnenaufgangs in 80 Höhe. Für die Sommermonate ließ sich die Sprungzeit nicht ermitteln, das Aussehen der Registrierung weist darauf hin, daß sie vor Sendebeginn liegen muß. Die Abb. 3, die eine typische Morgenregistrierung im Winter wiedergibt, zeigt, daß bei den Sonnenaufgangserscheinungen im Langwellenbereich zwei Vorgänge ineinandergreifen. Nach *SA* im 90 km-Niveau führt bereits die durch den zuerst einfallenden langwelligeren

Teil des Sonnenspektrums ausgelöste Elektronenablösung von negativen Ionen zu einer Verlagerung der Reflexionshöhe und damit zu einer Laufzeitänderung zwischen Raum- und Bodenwelle. Wir haben hier das Prinzip der Phasenanomalie vor uns. Dieser Interferenzvorgang führt zu einem scharfen Abriß in der Kurve. Da hier aber keine Rückschwingung erfolgt, muß die nachfolgende Feldstärkeerhöhung einer kurzzeitigen Verbesserung der Ausbreitungsbedingungen zugeschrieben werden, die durch die Zunahme der effektiven Elektronendichte im oberen *D*-Schicht-Bereich entsteht. Sobald die Sonnenstrahlen die untere *D*-Schicht erreichen und die Ionisation durch den *UV*-Bereich des Sonnenspektrums beginnt, schließt noch vor *SA* am Erdboden das Einsetzen der normalen Tagesdämpfung den *SA*-Effekt ab. Inwieweit in dem tiefen Maximum kurz nach dem "Sprung" auch eine besonders starke Dämpfung unmittelbar unter 80 km Höhe beteiligt ist, läßt sich durch Peilempfang der Raumwelle feststellen. Da bei Peilempfang das Aussehen der Registrierung im wesentlichen erhalten bleibt, können die Gedankengänge von Revellio [2] sicher ohne weiteres auf den vorliegenden Fall übertragen werden, da bei einem Abstrahlwinkel von $\approx 6^\circ$ ($\sin 6^\circ \approx 0{,}1$) die hier verwendete Frequenz einer Lotungsfrequenz von etwa 16 kHz entspricht.

Danach überquert das Reflexionsniveau rasch den besonders stark dämpfenden Bereich bei 80 km Höhe und der darauffolgende Feldstärkeanstieg ist auf eine weniger gedämpfte Ausbreitung in geringerer Höhe zurückzuführen. Gegen diese Annahme spricht dann nur noch das gegen den *SA* am Erdboden stark verfrühte Einsetzen der Tagesdämpfung. Der "Sprung" erfolgt sehr kurz nach dem *SA* in Ionosphärenhöhe. Diese unmittelbare Reaktion bestätigt die Auffassung, daß die erforderliche Elektronendichte sehr schnell erreicht wird. Damit muß die Reflexionshöhe weitgehend von der Stoßzahl abhängig sein.

Der Jahresgang der Sprungzeiten folgt der unsymmetrischen Sonnenaufgangskurve auffallend gut. Da die Ionisation in der tiefen Ionosphäre ziemlich gut einem Sonnenstandsgesetz gehorcht, kann diese Tatsache als ein neuer Beweis für die Realität des angegebenen Ausbreitungsmechanismus angesehen werden.

Die Zeitdifferenz zwischen dem Sprung und dem Sonnenaufgang ist im Herbst größer als im Winter. Wie aus Abb. 1 gefolgert werden darf, wird sie im Sommer am größten sein. Das deutet darauf hin, daß der Unterrand der *E*-Schicht im Sommer etwas tiefer liegt als im Winter. Diese Registrierung liefert somit eine gute graphische Darstellung einer Tatsache, die sich aufgrund der Geringfügigkeit des Höhenunterschiedes und des nur noch kleinen Betrages im Schichtmaximum aus Echolotungsaufnahmen nur schwer ablesen läßt. Die Größe des Unterschiedes kann allerdings daraus nicht abgeleitet werden, da der Betrag der Zeitdifferenz noch von der Änderung der Stoßzahl und anderen Faktoren abhängt.

Im Winter fallen die Kurven *A* und *B* etwa zusammen. Das zeigt, daß das nächtliche Reflexionsniveau jedenfalls über 80 km liegt, da der Sprung nicht vor dem Sonnenaufgang in der Schicht erfolgen kann. Im Februar 1959 liegt die Sprungzeit sogar vor dem *SA* in 80 km Höhe. Allerdings ist die Streuung sehr groß. Daher kann man die nächtliche Reflexion am Unterrand der *E*-Schicht im Winter in einer Höhe von 85-100 km, im Sommer entsprechend tiefer annehmen.

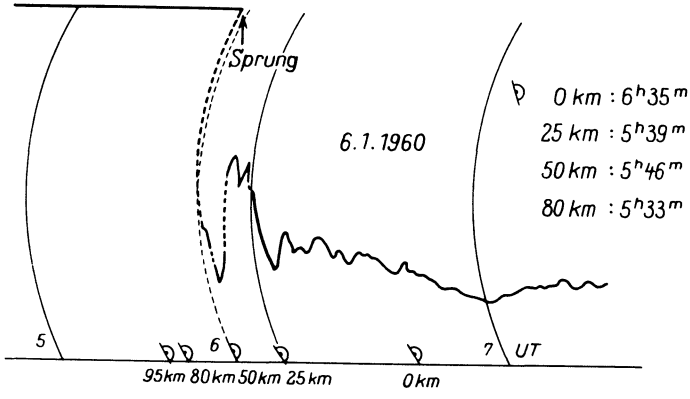


Abb. 3: Morgendlicher Feldstärkeabfall

Fig. 3: Decrease of field intensity in the morning

4.2. Sonnenuntergangserscheinungen im Langwellenbereich

Das Kurvenbild der Abb. 2 ist dem der Abb. 1 sehr ähnlich, weist aber einige charakteristische Abweichungen auf. Die Zeitdifferenz zwischen dem Sprung und Sonnenuntergang ist zu allen Jahreszeiten, abgesehen vom Winter, etwa gleich. Das Aussehen der Abbildung läßt eine größere Differenz im Winter vermuten. Da ist aufgrund der geringeren Tagesionisation der *D*-Schicht auch anzunehmen. Im Winter selbst ist der Sprung aus dem im Abschnitt 2 bereits angegebenen Gründen nicht abzulesen. Der Gleichlauf der Kurven *A* und *B* ist wieder überzeugend, der abweichende Wert vom August (*B'*) liegt mit seiner Fehlergrenze innerhalb der *SU*-Kurve. Überraschend ist nur, daß diese Abweichung genau 6 Monate gegenüber der entsprechenden Abweichung bei den Morgenwerten desselben Jahres versetzt ist. Eine Erklärung kann abgesehen von der Möglichkeit, es als zufällige Erscheinung anzusehen, noch nicht gegeben werden.

Der Sprung erfolgt jeweils 15-30 Minuten vor *SU* in 80 km. Da besonders im Sommer die Ionisierung der *D*-Schicht sehr stark ist, zeigt dies, daß das tageszeitliche Reflexionsniveau mit 80 km eher zu hoch als zu tief angesetzt wird. Der Sonnenuntergangseffekt ist meist gut ausgebildet. Er kann durch die

Gegenläufigkeit von Eindring- und Durchgangsdämpfung in der D-Schicht erklärt werden. Eine typische sommerliche Abendregistrierung zeigt Abb. 4.

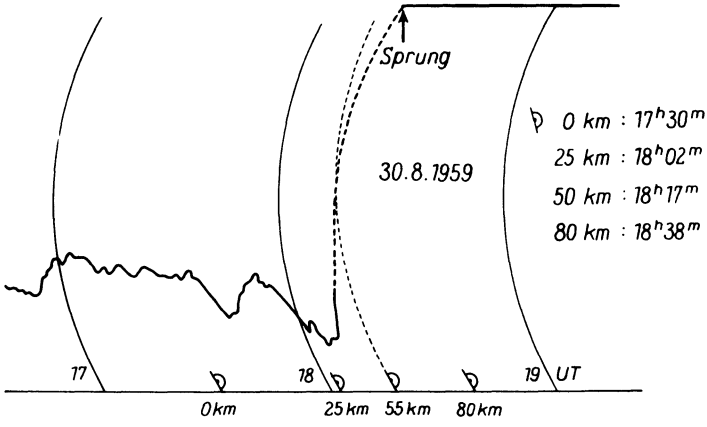


Abb. 4: Abendlicher Feldstärkeanstieg

Fig. 4: Increase of field intensity in the evening

4.3. Ausbreitung und Gyrofrequenz

Die Abb. 5 zeigt, daß, abgesehen von den Sommermonaten, die "Sprung"-zeiten von Mělník ausgezeichnet mit dem Zeitpunkt des SA am Erdboden zusammenfallen. Das ist natürlich physikalisch ohne Bedeutung, praktisch aber ganz interessant.

Die Zunahme der effektiven Elektronendichte N in der E-Schicht wird mit dem SA in 100 km Höhe wirksam. Bis zum Einsetzen des Effektes vergeht dann, abgesehen von den Sommermonaten, etwa 1 Stunde. In dieser Zeit muß der Übergang liegen. Zieht man die Abb. 6, die die abendlichen Verhältnisse zeigt, mit hinzu, so wird man den Übergang, wie er in Abb. 7 zu sehen ist, wahrscheinlich auf Dämpfungsänderungen zurückführen müssen. Die Sprungzeit liegt hier, abgesehen von den Wintermonaten, bei einer wahren Höhe der Sonne von 10° über dem Horizont. Zu diesem Zeitpunkt liegt die Ionisation der E-Schicht noch weit über dem kritischen Wert. Infolgedessen ist früh und abends die Zunahme bzw. Abnahme der Dämpfung in und unterhalb der E-Schicht für den Effekt maßgebend. Die schnelle Anderung der Feldstärke zu diesem Zeitpunkt ist durch die Tatsache, daß die Arbeitsfrequenz nahe der Gyrofrequenz der Elektronen in der E-Schicht-Höhe liegt, ohne weiteres verständlich.

Der Sprung in Abb. 5 und 6 ist also kein Sprung im Sinne des Übergangs der Reflexion von einer Schicht auf eine andere. Ein solcher Übergang ist bei der

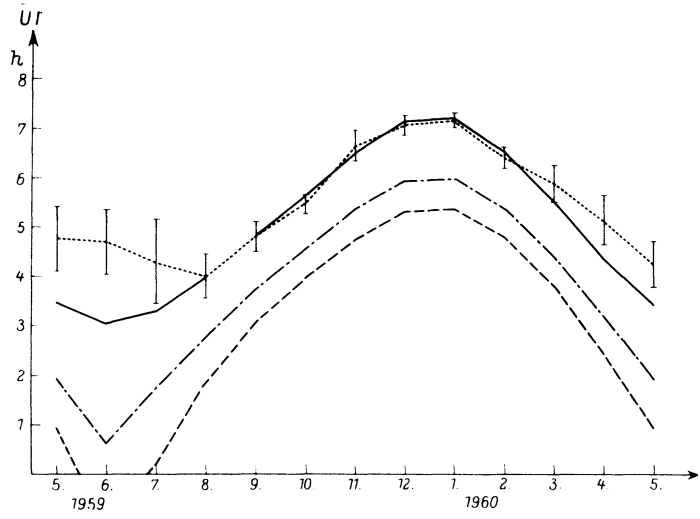


Abb. 5: ———— Sonnenaufgang am Erdboden am Reflexionspunkt
— . — . — . Sonnenaufgang in 100 km Höhe am Reflexionspunkt
— — — — — Sonnenaufgang in 250 km Höhe am Reflexionspunkt
. . . . . Sprungzeit

Fig. 5: ———— Sunrise at the ground at the reflexion point
— . — . — . Sunrise in 100 km height at the reflexion point
— — — — — Sunrise in 250 km height at the reflexion point
. . . . . transition time

Die Zeitdifferenz zwischen dem Durchgang des Sonnenmittelpunktes durch das 100 km-Niveau und dem Sprung ist abends doppelt so groß wie morgens, sie beträgt abends im Herbst etwa 2 Stunden. Die Dämpfung nimmt also für die verwendete Frequenz morgens 1 Stunde nach *SA* im *E*-Niveau sprunghaft zu und abends 2 Stunden vor *SU* im *E*-Niveau sprunghaft ab. Einen Rückschluß auf die Elektronendichten zu diesen Zeitpunkten kann man unmittelbar daraus nicht ziehen.

gewählten Frequenz sicherlich vorhanden, aber nicht mit der abzulesenden Änderung des Ausbreitungstyps identisch. Der tatsächliche Sprung kann aus den Registrierungen nicht abgelesen werden.

Auffällig ist, daß gerade während derjenigen Monate, in denen zu der jeweiligen Tageszeit eine Auswertung der Registrierungen der Frequenz 155 kHz überhaupt nicht möglich war, eine deutliche Abweichung im Verlauf der "Sprungszeiten" eintritt.

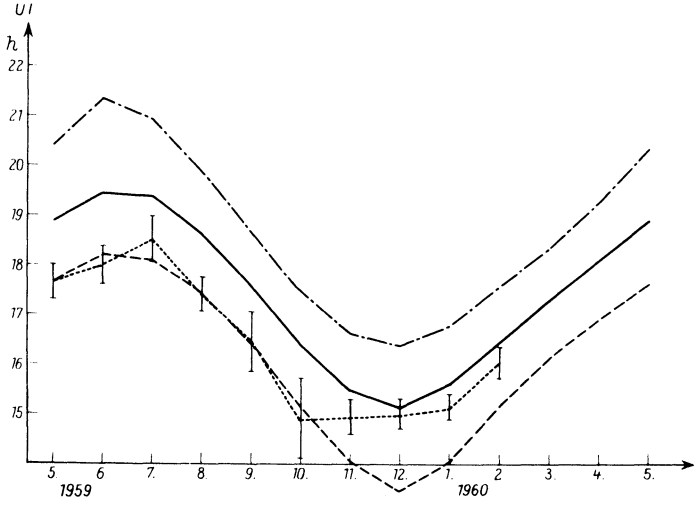


Abb. 6: Sonnenuntergang am Erdboden am Reflexionspunkt
— . — . — . Sonnenuntergang in 100 km Höhe am Reflexionspunkt
— — — — — Wahre Höhe der Sonne: 10° über dem Horizont
. . . . . Sprungzeit

Fig. 6: Sunset at the ground at the reflexion point
— . — . — . Sunset in 100 km height at the reflexion point
— — — — — Actual height of the sun: 10° above the horizon
. . . . . transition time

Während bei der Registrierung des morgendlichen Effektes im Herbst und Winter und bei der Registrierung des abendlichen Effektes im Frühjahr, Sommer und Herbst die Parallelität mit dem Sonnenstand sehr gut ist (eine Tatsache, die durchaus mit der jahreszeitlichen Variation der Dämpfung übereinstimmt), liegt der Effekt im ersteren Falle im Sommer und im zweiten Falle im Winter bedeutend später.

Der Beginn der Tagesdämpfung setzt im Sommer also viel später ein. Der Übergang im Herbst zu normalen Verhältnissen ist außerdem sehr abrupt. Das ist physikalisch nicht sehr wahrscheinlich. Auch mit der Annahme eines tatsächlichen Sprunges vom F- auf das E-Niveau läßt sich die Abweichung nicht erklären, da dieser Sprung zeitlich eher früher als später liegen müßte. Die Verhältnisse im Winter bei den Abendregistrierungen lassen sich besser interpretieren. Hier ist die Tagesdämpfung offenbar bereits am zeitigen Nachmittag so gering geworden, daß eine deutliche Zunahme der Raumwellenfeldstärke auftreten kann. Auch hier ist aber wieder eine Erklärung durch einen direkten Sprung nicht möglich; trotzdem ist die Plötzlichkeit des Überganges zu den Winterverhältnissen überraschend.

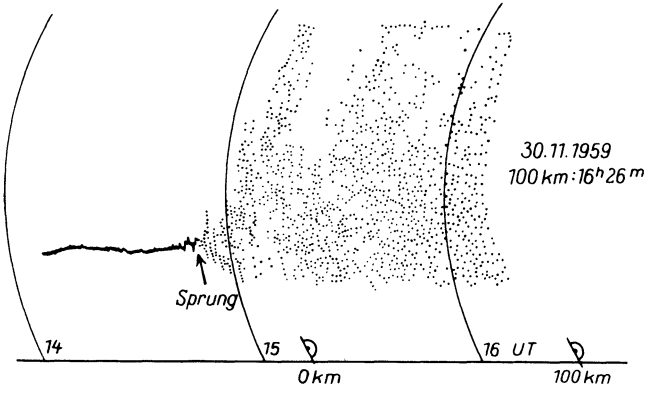


Abb. 7: Abendlicher Feldstärkeanstieg
Fig. 7: Increase of field intensity in the evening

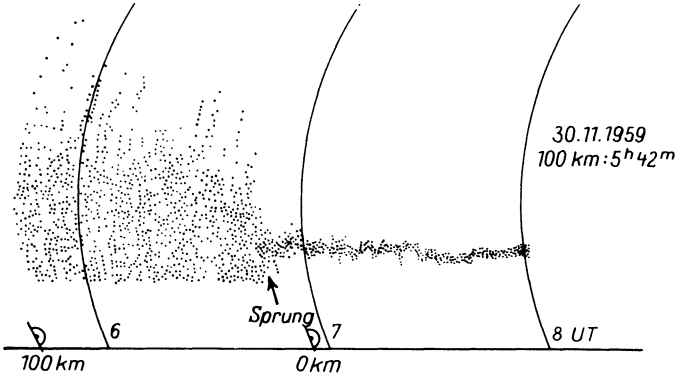


Abb. 8: Morgendlicher Feldstärkeabfall
Fig. 8: Decrease of field intensity in the morning

Es entsteht der Eindruck, daß sich die Ausbreitungsbedingungen im August (Ende der Sommerperiode) und Oktober (Beginn der Winterperiode) ändern. Da auch für die Monate März und Mai eine solche Unstetigkeit in der Kurve vorhanden zu sein scheint, stimmen die Beobachtungen gut bezüglich der Zeitpunkte der Änderung mit den Ergebnissen von K. Sprenger [4] und mit unseren eigenen [5] überein (die Auswertung der Abendwerte mußte aus sendertechnischen Gründen mit dem Februar 1960 eingestellt werden).

Die Ergebnisse dürften durch zeitweilig sicher vorhandene E_s- Ionisation nicht wesentlich verfälscht worden sein, da diese im allgemeinen in einem Niveau auftritt, das zur Zeit der Änderung des Ausbreitungstyps der Mittelwelle

noch gar nicht erfaßt wird. Die gute Korrelation des Zeitpunktes mit dem Sonnenstand legt ohnehin einen Vorgang an einer normalen Schicht nahe. Auf die abendliche und nächtliche Dämpfung von Mittelwellen und Kurzwellen an der (äquitorialen) E_s- Schicht hat Elling [6] hingewiesen.

Sprenger fand bei Untersuchungen des jahreszeitlichen Verlaufs der Tagesdämpfung im Langwellenbereich eine starke sommerliche Dämpfungsanomalie von Mai bis September, die er auf einen entscheidenden Wechsel in den Zustandsbedingungen der tiefen Ionosphäre einschließlich der E-Schicht zurückführt. Über die Ursachen liegen noch keine bestätigten Theorien vor. Obgleich einige Anhaltspunkte vorhanden sind, die auf einen dynamischen Effekt hinweisen, müssen erst noch weitere Untersuchungen abgewartet werden, da die Ergebnisse von Sprenger wohl in Bezug auf den Eintritt der Abweichungen, nicht aber bezüglich der physikalischen Aussagen mit den hier vorliegenden übereinstimmen.

Literatur

[1] Fejer, J.A. and R.W. Vice: An investigation of the ionospheric D-region, J. Atmosph. Terr. Phys. 16, 291 (1959).

[2] Revellio, K.: Weitere Messungen zum Sonnenaufgangseffekt der Längstwellenausbreitung. Vorträge und Berichte der gemeinsamen Tagung der Arbeitsgemeinschaft Ionosphäre des Deutschen URSI - Landesausschusses und der Fachgruppe Wellenausbreitung der NTG. Kleinheubach 1958, S. 133.

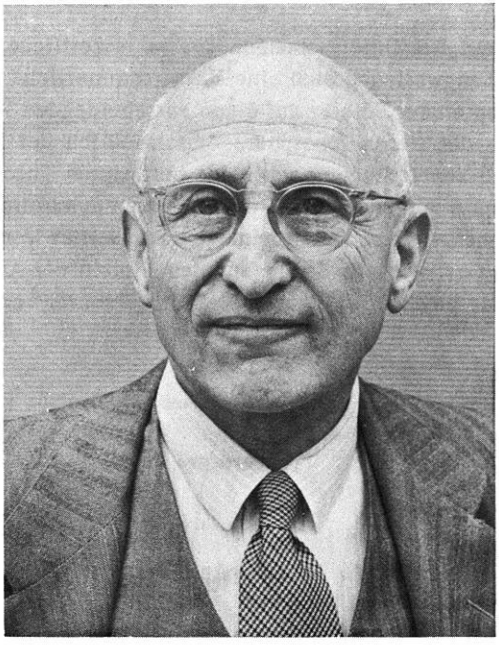
[3] Lauter, E.A. und K.H. Schmelovsky: Zur Deutung der Sonnenaufgangseffekte im Längstwellenbereich, Gerl. Beiträge Geophys. 67, 218 (1958).

[4] Sprenger, K.: Die Erschließung jahreszeitlicher Strukturänderungen der ionosphärischen D-Region aus mehrjährigen Beobachtungen der Tagesdämpfung auf 245 kHz, Inaugural-Diss. Leipzig 1957 (unveröff.).

[5] Koch, H. und R. Schminder: Über die Variation des ionosphärischen Conversionskoeffizienten ρ nach Schrägeinfallsmessungen im Langwellenbereich (wird in Studia Geophysica et Geodaetica, Prag, veröffentlicht).

[6] Elling, W.: Scheinbare Reflexionshöhen und Reflexionsvermögen der Ionosphäre über Tsumeb, Südwest-Afrika, ermittelt mit Impulsen im Frequenzband von 350-5 600 kHz, Diss. Göttingen 1959.

[7] Koch, H.: Der Amateursender DM 3JGY im Dienste der Ionosphärenforschung, Radio und Fernsehen 19, 606 (1959).



In Memoriam Prof. Dr. Beno Gutenberg

Am 25. Januar 1960 verstarb im Alter von 70 Jahren nach kurzer Krankheit Prof. Dr. Beno Gutenberg, emeritierter Direktor des Seismological Laboratory of the California Institute of Technology in Pasadena, einer der großen Bahnbrecher der modernen Geophysik und Seismologie. B. Gutenberg war gebürtiger Deutscher und hat bis zu seinem 40. Lebensjahr in Deutschland gewirkt: zuerst als Schüler und Doktorand von E. Wiechert in Göttingen, dann als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Zentralbüro der Internationalen Seismologischen Assoziation in Straßburg und schließlich bis zu seiner Berufung nach USA im Jahre 1930 als Professor für Geophysik an der Universität Frankfurt a.M. Mit Bedauern sahen wir ihn damals aus Deutschland scheiden; aber in USA boten sich ihm ganz andere Entwicklungsmöglichkeiten als in Deutschland.

B. Gutenberg wurde am 4. Juni 1889 als Sohn des Seifenfabrikanten Hermann Gutenberg in Darmstadt geboren. Er studierte von 1907 bis 1912 in Darmstadt und Göttingen Mathematik und Physik, promovierte bei E. Wiechert mit der Arbeit "Die seismische Bodenunruhe", einem Thema, das bis zum heutigen Tag aktuell geblieben ist und das ihn während seines ganzen weiteren Lebens angeregt und beschäftigt hat. Etwa zur gleichen Zeit veröffentlichte er im Rahmen der Arbeiten der damaligen "Göttinger Schule" seine grundlegende Untersuchung über den Erdkern. Als er 1930 von Frankfurt/M. nach Pasadena kam, fand er dort eine ganz bescheidene seismische Station vor, aus der er aber in kurzer Zeit zusammen mit seinen Mitarbeitern ein weltbekanntes Zentrum der Erdbebenforschung schuf. Von überall her kamen Studenten und auch Kollegen als Gäste nach Pasadena, um dort die neuesten Gedanken und Methoden der Erdbebenforschung kennen zu lernen und mit B. Gutenberg und seinem wissenschaftlichen Stab zusammenzuarbeiten; sie alle waren bei ihm jederzeit herzlich willkommen. Auch nach seiner Emeritierung im Jahre 1958 hat er noch unermüdlich der Wissenschaft gedient; wenige Monate vor seinem Tod erschien sein Buch "Physics of the Earth's Interior".

Wenn man Veröffentlichungen über das ganze Gebiet der Seismik und der Physik des Erdinnern aus den letzten Jahrzehnten liest, wird man kaum eine finden, in der nicht auf Arbeiten von B. Gutenberg Bezug genommen ist. Insgesamt hat er einige hundert Arbeiten und sieben Bücher geschrieben. Dabei hat er immer den Mut gehabt, ein Ergebnis seiner Untersuchungen und Gedanken zu berichtigen, wenn hinterher er selbst oder andere feststellten, daß seine Schlußfolgerung nicht ganz richtig war. Sein Arbeitsgebiet ist so vielseitig, daß es nicht möglich ist, hier alles aufzuzählen. Es seien deshalb nur einige Hauptpunkte stichwortartig herausgehoben: genaue Bestimmung der Tiefenlage des Erdkerns; Auffinden von Raumwellen, die auf komplizierten Wegen durch das Erdinnere gelaufen sind, und Aufstellen ihrer Laufzeitkurven; die mikroseismische Bodenunruhe; zahlreiche Beiträge zur weltweiten Verbreitung der Erdbeben; Magnitude und Energie der Erdbeben; mechanischer Vorgang im Bebenherd; Temperatur und elastische Eigenschaften in den verschiedenen Tiefen im Erdinnern; Studien an Oberflächenwellen; Aufbau der Erdkruste und des Erdmantels; Kanalwellen; Studien an Nahbeben; instrumentelle Fragen.

Bei seinen bahnbrechenden Arbeiten, seinem selbstlosen Entgegenkommen und seiner persönlichen Beliebtheit konnte es nicht ausbleiben, daß ihm eine Reihe hoher Ehrungen zuteil wurde. B. Gutenberg war Mitglied zahlreicher wissenschaftlicher Gesellschaften und zeitweise deren Präsident, so z.B. der Seismological Society of America und der Internationalen Assoziation für Seismologie und Physik des Erdinnern; die ihm daraus jeweils erwachsenden Pflichten hat er sehr ernst genommen. Die Kgl. Belgische Akademie der Wissenschaf-

:en verlieh ihm den Lagrange-Preis, die American Geophysical Union die Bowie-Medaille und unsere Deutsche Geophysikalische Gesellschaft die Emil-Wiechert-Medaille; die Universität Uppsala ernannte ihn zu ihrem Ehrendoktor. Anläßlich seiner Emeritierung widmeten ihm zahlreiche Kollegen das Buch "Contributions in Geophysics, in honor of Beno Gutenberg".

Wenn B. Gutenberg nun auch nicht mehr unter uns ist, sein über 50-jähriges überragendes Wirken in der Geophysik wird noch über viele Jahrzehnte in der weiteren Forschung grundlegend bleiben und Früchte tragen. Wir alle danken ihm von Herzen dafür und wollen ihn in Verehrung in unserem Gedächtnis behalten.

Stuttgart W. Hiller

PERSONALIEN

Am 7. September 1960 vollendete Direktor Dr. Friedrich Burmeister, Fürstenfeldbruck, sein 70. Lebensjahr.

Dr. Burmeister hat sich durch seine erdmagnetischen Vermessungen, die besonders den süddeutschen Raum umfaßten, und durch die Fortsetzung der 1898 an der Sternwarte in München durch J. Lamont begonnenen magnetischen Beobachtungsreihen, zuerst in Maibach, dann im heutigen, von ihm begründeten Observatorium Fürstenfeldbruck, besondere Verdienste erworben, die im Jahre 1950 durch die Verleihung der Silbernen Medaille der Bayerischen Akademie der Wissenschaften anerkannt wurden.

Die Deutsche Geophysikalische Gesellschaft, zu deren Begründern Dr. Burmeister gehört, verbindet ihre Glückwünsche mit dem Dank für seine unermüdliche Mitarbeit im Dienste der deutschen erdmagnetischen Forschung.

Nienberge bei München F. Errulat

KLEINE MITTEILUNGEN

Aus Anlaß seines 175 jährigen Bestehens am 1. April 1961 stiftet der Verlag Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig, für wissenschaftliche Arbeiten einen

PREIS VON DM 15 000,–

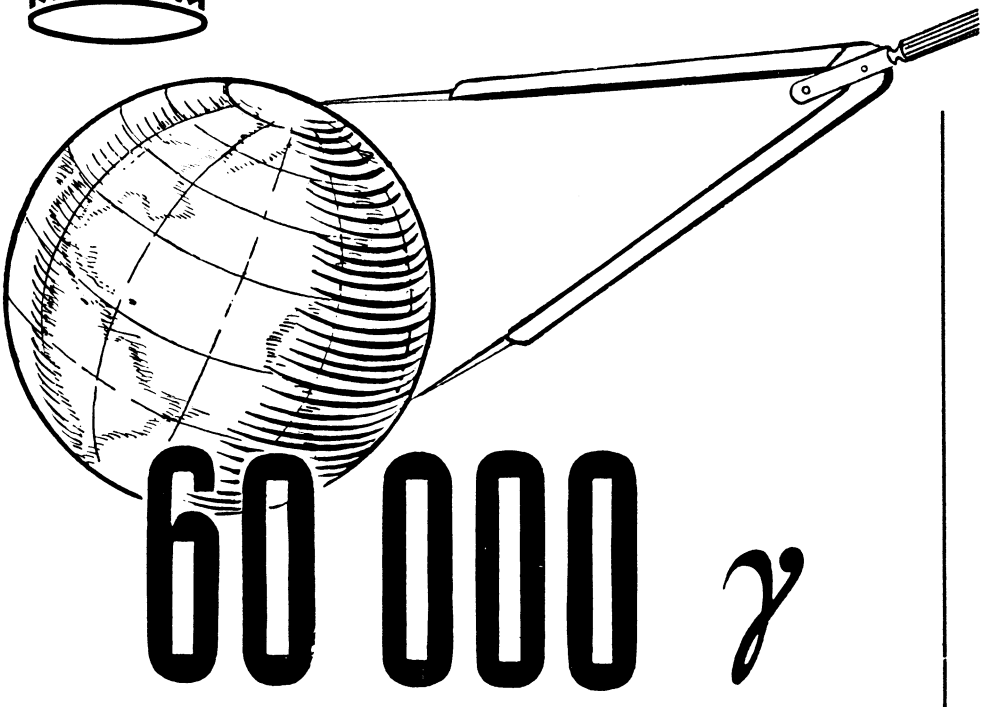
Er wird vergeben in Teilbeträgen von DM 5 000,- für je eine zusammenfassende Darstellung auf den Gebieten der Mathematik, der Physik und der Chemie, über die bereits eine mehr oder minder große Zeitschriftenliteratur vorliegt, die aber bisher in deutscher Sprache in Buchfrom noch nicht befriedigend behandelt ist.

Jede Arbeit soll mindestens 100 Schreibmaschinenseiten umfassen und soll sich zur Veröffentlichung in Buchform eignen.

Bei den eingereichten Manuskripten muß es sich um unveröffentlichte Originalarbeiten in deutscher Sprache handeln. Um die Preise können sich In- und Ausländer bewerben.

Nähere Einzelheiten erfahren Interessenten direkt beim
Verlag Friedr. Vieweg & Sohn.

ASKANIA



60 000 γ

DIREKTER MESSBEREICH

bei einer Meßgenauigkeit von ca. ± 2 γ

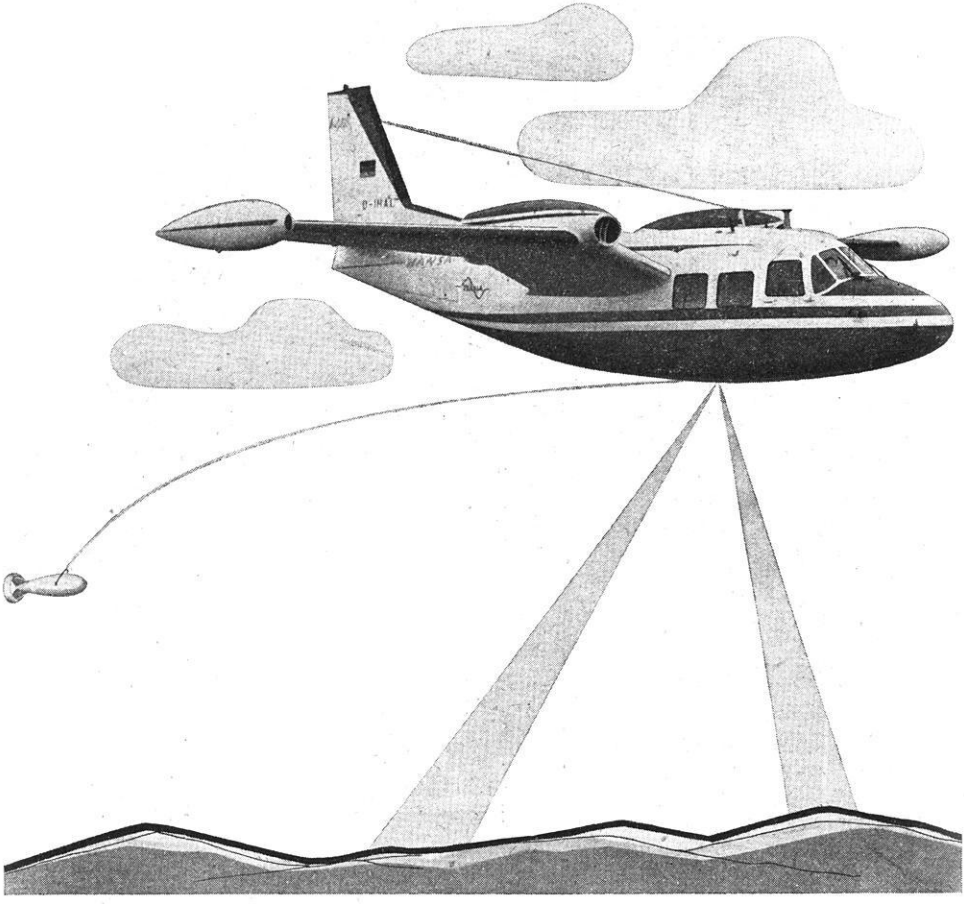
das kennzeichnet unter anderem das Torsions-Magnetometer, Bauart Gfz der Askania-Werke, Berlin.

außerdem:
Gravimeter, Regiestriermagnetometer, Nah- und Fernbeben-Seismographen.

Fodern Sie unsere ausführlichen Informationen!

CONTINENTAL ELEKTROINDUSTRIE AKTIENGESELLSCHAFT
ASKANIA-WERKE · BERLIN-MARIENDORF

310



PRAKLA

Aero-Magnetik

mit Präzessions-Magnetometer und Doppler-Ortung

HANNOVER · HAARSTRASSE 5 · RUF: 86661 · FERNSCHREIBER: 0922847 · DRAHT: PRAKLA