

ATMOSPHÄRISCH-ELEKTRISCHE UND IONOSPHERISCHE MESSUNGEN IM OBSERVATORIUM BEI NAGYCEK

P. BENCZE UND F. MÄRCZ:

1. Einführung

Das Geophysikalische Forschungslaboratorium der Ungarischen Akademie der Wissenschaften hat für die Untersuchung des elektromagnetischen Feldes der Erde bei Nagycenk in 1958 ein Observatorium errichtet. Im Observatorium werden die erdmagnetischen Elemente, die Erdströme und die atmosphärische Elektrizität, sowie die Ionosphäre beobachtet. Im folgenden berichten wir über die Instrumente der lufterlektrischen Station ferner über die Beobachtungsmethoden und die Bearbeitung der Messdaten.

2. Die Umgebung des Observatoriums

Die Aufgabe der lufterlektrischen Station ist die Ermöglichung der Untersuchung des Zusammenhanges zwischen den in den Schichten der Atmosphäre auftretenden elektrischen Erscheinungen und den im Observatorium registrierten, anderen Komponenten des elektromagnetischen Feldes der Erde. Vom Standpunkt der Zuverlässigkeit und Representivität der Beobachtungen ist die ungestörte Umgebung eine Forderung erster Ordnung. Diese Feststellung bezieht sich auf alle im vorangehenden erwähnten Messungen. Nachdem wir in mehreren, zu diesem Zweck geeignet angesehenen Gebieten Versuchsmessungen ausführten, haben wir schliesslich den zwischen den Ortschaften Fertőboz und Hidegség gelegenen Teil der das südliche Ufer des Neusiedler Sees umrahmenden Terrasse gewählt. Die geographischen Koordinaten des Observatoriums sind (Sie beziehen sich auf die Meridiansäule):

$$\varphi = 47^{\circ} 37' 58'' \text{ N}$$

$$\lambda = 16^{\circ} 43' 15'' \text{ E}$$

Bewohnte Gebiete sind in der Richtung WNW, OSO und SSW zu finden. Die in Richtung WNW und OSO gelegenen Siedlungen befinden sich ungefähr 35 m unter dem Niveau der Station. Zwischen der in Richtung SSW liegende Ortschaft Nagycenk und der Station streckt sich eine 0,5 km breite Waldzone hin. Die nächstgelegene Siedlung, die kleine Ortschaft Fertőboz liegt in westlicher Richtung 1,5 km entfernt am Fusse der schon erwähnten Terrasse. Die nächstgelegene Stadt Sopron (40 000 Einwohner, mit mässiger Industrie) liegt WNW in einer Entfernung von 12 km. Zwischen der Stadt und dem Observatorium verbreiten sich die Stadt umgebenden Hügel, deren durchschnittliche Höhe im Osten 50 m beträgt.

Das Observatoriumsgebiet liegt weit von Hochspannungsleitungen. So können diese durch das in ihrer Nähe auftretende starke, elektrische Feld keine abnorme Ionisation und dadurch keine lokalen lufterlektrischen Störungen verursachen. Bis ungefähr 200 m Entfernung befindet sich dort auch keine Niederspannungsleitung. Auch von diesem Standpunkt aus sind die Erdstromregistrierungen des Observatoriums verlässlich, die keinerlei Störungen industrieller Herkunft (vagabundierende Ströme) aufzeigen. Die vorherrschende

Windrichtung ist N–NW. Die Lage der Station darf also auch hinsichtlich der mit den bewohnten Gebieten verbundenen Störungen (Bildung von Kondensationskernen, GROSSIONEN usw.) als günstig betrachtet werden [1]. Nach den auf der Station geführten meteorologischen Beobachtungen herrscht nur selten Windstille. Zur Aufklärung der eventuellen Anhäufung von radioaktiven Substanzen im Boden, die abnorme Ionisation verursachen könnten, haben wir mit einem Geigerzähler Strahlungsmessungen durchgeführt. Die Messungen zeigten keine Anomalien. Auf Grund der vorhergesagten befriedigt das Gebiet alle Forderungen bezüglich der Auswahl des Standortes (Vgl. [2]).

Das Gebäude der luftelektrischen Station haben wir im Verhältnis zu den anderen Gebäuden des Observatoriums innerhalb des eingezäunten Gebietes

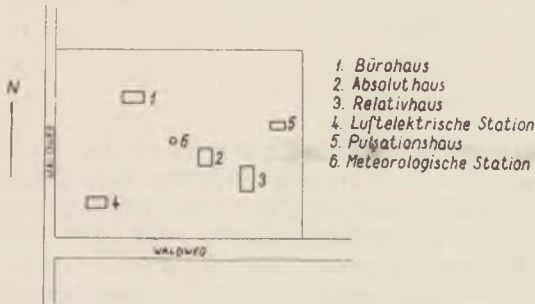


Abb. 1.

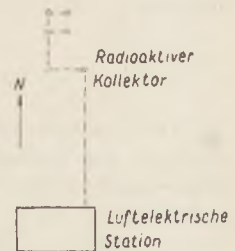


Abb. 2.

so angelegt, dass die im Observatorium laufende Arbeit den Betrieb der Station möglichst nicht störe (Abb. 1). Geheizt wird nur im Bürohaus, in Richtung NO, in einer Entfernung von 60 m. So stört die Rauchbildung, wenn wir die vorherrschende Windrichtung berücksichtigen, die Arbeit nicht. Die zwei Rauchfänge sind übrigens mit Drahthauben versehen, die den Rauch in der Windrichtung weggleiten. Für die Messfühler haben wir vor dem Gebäude der luftelektrischen Station einen Platz von 35×45 m gesichert. Auf den Waldwegen, die das Observatorium von westlicher und südlicher Seite begrenzen, ist der Verkehr verboten. Das Gebiet des Observatoriums und seine Umgebung wurde von Landesnaturschutzrat für Naturschutzgebiet erklärt. So darf ohne unsere Befragung in der Umgebung keine, die ungestörte Arbeit des Observatoriums unter Umständen gefährdende Anlage errichtet werden.

Das Gebäude der luftelektrischen Station besteht aus 6 Räumen.

Die Messfühler sind in entsprechenden Betontrögen untergebracht. Für die Ableitung des Niederschlages sorgen Gesenke. Über die Anordnung der Betontröge, bzw. der Messfühler gibt Abb. 2. Aufschluss. Bei der Planung der luftelektrischen Station haben wir auch die zukünftige Entwicklung berücksichtigt. Wie es auf der Abbildung zu sehen ist, wurde der zur Messung des Potentialgradienten angewandte radioaktive Kollektor weit von den anderen Messfühlern gelegt, wobei man auch die vorherrschende Windrichtung berücksichtigte, dass die vom Kollektor erzeugten und vom Wind getriebenen Ionenfahnen die mit den anderen Messfühlern geführten Beobachtungen nicht

stören. Wir haben auch bei der Anlegung des Gebäudes die vorherrschende Windrichtung in Betracht gezogen. So kann die Raumladung, die um die Spitze auf dem Dache des Gebäudes bei starken Feldstärken entsteht, die Messergebnisse nicht fälschen. Für die Messleitungen sind die Betontröge miteinander und mit dem Registrierraum durch einen, aus Eternitrohren hergestellten, unterirdischen Kanal verbunden.



Abb. 3.

3. Atmosphärisch – elektrische Messungen

Auf der luftelektrischen Station werden zur Zeit die zeitliche Änderungen des Potentialgradienten und des Spitzenstromes fortlaufend registriert.

a) Messung des Potentialgradienten

Zur Messung des Potentialgradienten verwenden wir einen radioaktiven Kollektor, da die Fachliteratur wegen der störenden Wirkung des Volta-potentials bei der Feldmühle den radioaktiven Kollektor allgemein zuverlässiger hält [3,4]. Der Kollektor ist ein von der Firma Stange & Wolfrum (Elektronische Geräte und Anlagen, Berlin) geliefertes Radiumpräparat mit einer Halbwertszeit von 1680 Jahren, und einer Aktivität von 20μ C. Die Stange die den Kollektor in der entsprechenden Höhe (1 m) hält, wird von einem Freiluft-Isolator getragen (Abb. 3). Der eigentliche Isolator befindet sich in einem geheizten, doppelwändigen Raum, der mit der Umgebung nur durch Diffusionswege in Verbindung steht [5]. Der Raum wird mit einem Heizkörper von 24 V/7 W geheizt. Die durch den Kollektor vermittelten Spannungsänderungen steuern den Gitterstrom einer Elektronenröhre vom Typ 3V4, die in einer Schaltung nach Koenigsfeld und Piraux [6,7] in Anodensteuerung arbeitet und

sich dem unteren Teil des Isolators anschliesst (Abb. 4.) Die zur Sicherung der guten Isolation der Röhrenklemmen verwendete, keramische Röhrenfassung ist mit der Röhre in einem aus Plexiglas hergestellten Behälter untergebracht. Dieser ist zur Beseitigung des Photoeffektes und zur elektrostatischen Ab-

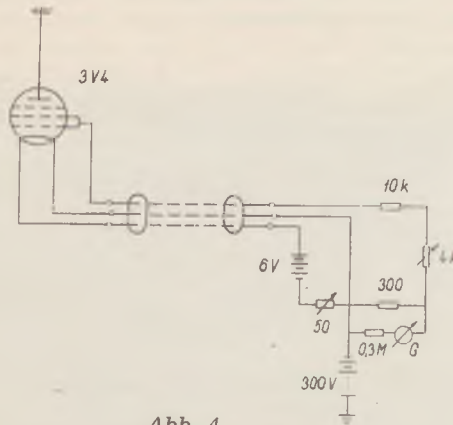


Abb. 4.

schirmung noch von einem Metallrohr umgeben. Der Plexiglasbehälter ist durch Gewinde am unteren Teil des Freiluft-Isolators befestigt und steht durch eine Zentralbohrung mit dem geheiztem Raum in Verbindung. So wird dafür gesorgt, dass an der Röhrenfassung kein den Isolationswiderstand vermindender Dunstniederschlag zustande komme. Der Messfühler ist durch einen fünfadrigen Kabel mit dem Registriergerät verbunden.

Das Registriergerät ist ein Photoregistrierinstrument mit zwei Kanälen. Registriert wird auf einem dieser Kanäle mit Hilfe eines flüssigkeitsgedämpften Galvanometers vom Typ Schlumberger-Picard (Empfindlichkeit: $2,1 \cdot 10^{-9}$). Die Empfindlichkeit kann mit einem Ayrton-schen Shunt nach den Verhältnissen $1/3$, $1/10$, $1/30$, $1/100$ herabgesetzt werden. Wir arbeiten mit einem Nebenwiderstand von 300Ω in der Stufe $1/100$ um die den internationalen Vereinbarungen entsprechende Empfindlichkeit von 10 V/m/mm zu sichern. Zur Kontrolle der Messkreise, bzw. zur Bestimmung der Empfindlichkeit des Galvanometers dient ein eingebautes, oder ein von aussen eingeschaltetes Normalelement, dessen Spannung mit Hilfe eines Spannungsteilers auf $0,3 \text{ mV}$ herabgesetzt wird. Die Heizspannung der im Messfühler eingebauten

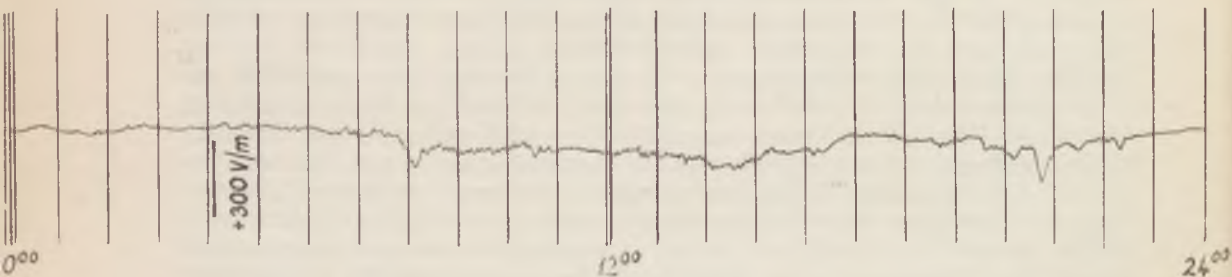


Abb. 5.

Elektronenröhre kann mit einem Potentiometer geregelt werden. Als Spannungsquelle benutzen wir einen Akkumulator mit einer Spannung von 6 V. Das Registriergerät arbeitet mit Fadenabbildung. Der 10 cm breite Filmstreifen wird durch einen 110 V/3W Synchronmotor mit einer Geschwindigkeit von 2,1 cm/Stunde vorgeschoben. Die zur Bedienung der Galvanometerbeleuchtung und der Zeitzeichenlampe nötige Spannung liefert ein 220 V/5 V Transformator. Das Zeitzeichen wird von einer elektrischen Zentraluhr vom Typ MF 920 — F gegeben, die den Stromkreis der Zeitzeichenlampe stündlich schliesst. In Abb. 5 sehen wir einen 24 stündigen Teil der Registrierung des Potentialgradienten an der luftelektrischen Station bei Nagyecnk.

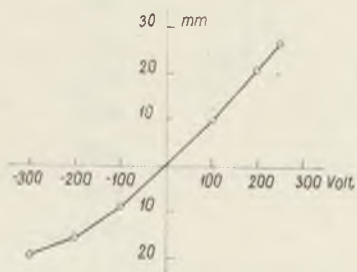


Abb. 6.

Die Eichung der Anlage wird in einem künstlichen, elektrischen Feld vorgenommen. Die Eichspannung liefert eine stabilisierte Hochspannungsquelle vom Typ EMG 1842, deren Spannung zwischen 0 und 500 V, bzw. 300 und 3500 V kontinuierlich regelbar ist. Die Polarität der Ausgangsspannung kann mit einem Polaritätsschalter gewechselt werden. Die Eichung, die man mit Hilfe einer über den Kollektor gestellten Platte durchführen kann, nehmen wir zur Kontrolle der Anlage wöchentlich vor. Diese wird ohne die Abstellung des Registriergerätes ausgeführt, dass die Werte auch auf der Registrierung festgehalten werden sollen. In Abb. 6 zeigen wir eine Eichkurve der Potentialgradientmessanlage.

Bei der Bearbeitung der Registrierungen werden erstens die Stundenwerte des Potentialgradienten bestimmt. Ausserdem lesen wir in jeder Stunde und auch alle drei Stunden die Differenzen zwischen den während dieser Zeiträume auftretenden grössten und kleinsten Werten aus, die als Masse der Aktivität bezeichnet werden können.

Abb. 7 a und b stellen auf Grund der Monatsmittel der Stundenwerte den Tagesgang des Potentialgradienten für einen Winter und einen Sommermonat dar (volle Linien). Für dieselbe Monate sind in Abb. 7 a und b auch die Monatsmittel der Stundenwerte der obgenannten stündlichen Differenzen angegeben (gestrichelte Linien).

b) Messung des Spitzenstromes

Den Spitzenstrom registrieren wir mit Hilfe einer, auf dem Dach der luftelektrischen Station isoliert angebrachten Spitze. Die Spitze ist aus rostfreiem Stahl verfertigt. Die Isolation besteht aus einem aus Danamid hergestellten und vom Niederschlag geschützten Körper. Die Spitze und das Registriergerät sind miteinander durch ein im Inneren des Rohrstativs geführtes Kabel ver-

bunden. An der Stelle, wo das Kabel aus dem Rohr heraustritt, wurde abgeschirmtes Kabel angewandt. Die Höhe der Spitze über dem Dach ist 4,5 m, ihre Höhe über der Umgebung 3 m. Das Registriergerät ist der Regist-

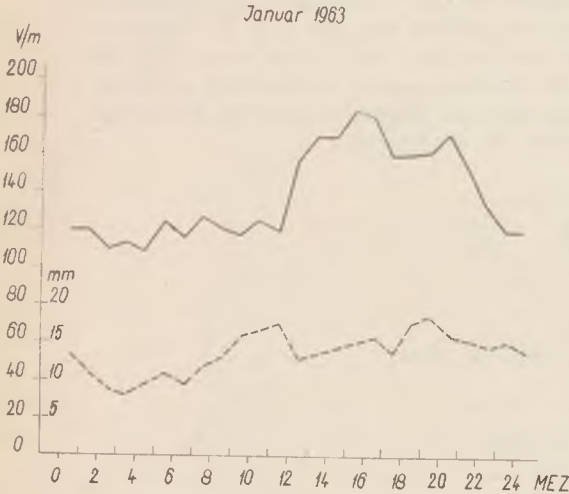


Abb. 7 a.



Abb. 7 b.

rierung des Potentialgradienten verwendeten Einrichtung ähnlich. Die folgende Tabelle enthält die einzelnen Empfindlichkeitsstufen mit der zugehörigen Ladungsempfindlichkeit.

Stufe	Stromempfindlichkeit	Ladungsempfindlichkeit
0	$2,1 \cdot 10^{-9}$ A/mm	$3,57 \cdot 10^{-7}$ A sec/mm ²
1	$6,3 \cdot 10^{-9}$ „	$10,71 \cdot 10^{-7}$ „
2	$2,1 \cdot 10^{-8}$ „	$3,57 \cdot 10^{-6}$ „
3	$6,3 \cdot 10^{-8}$ „	$10,71 \cdot 10^{-6}$ „
4	$2,1 \cdot 10^{-7}$ „	$3,57 \cdot 10^{-5}$ „

Wir arbeiten mit der Stufe No. 3. Nach unseren bisherigen Erfahrungen ist diese Empfindlichkeit ausreichend.

Die Bearbeitung der Registrierungen geschieht folgendermassen: Es wird die durch die Nulllinie des Galvanometers und durch die registrierte Kurve gebildete Fläche zwischen zwei benachbarten Zeitzeichen mit Hilfe eines Planimeters bestimmt. Die erhaltenen Werte multipliziert mit der entsprechenden Ladungsempfindlichkeit geben die durch den Spitzenstrom während der fraglichen Stunde transportierte Ladungsmenge. Flächen oberhalb der Nulllinie bedeuten positive, unterhalb dieser negative Ladungsmengen. Aus den Stunden werten der einzelnen Tagesstunden Monats, — bzw. Jahresmittel bildend erhalten wir ein Bild von der Verteilung des durchschnittlichen Ladunstransports während des Tages. Abb. 8 zeigt den jährlichen mittleren Tagesgang der positiven und negativen Ladungsmengen für das Jahr 1963.

Wir haben auch eine meteorologische Station mit deren Hilfe die von den

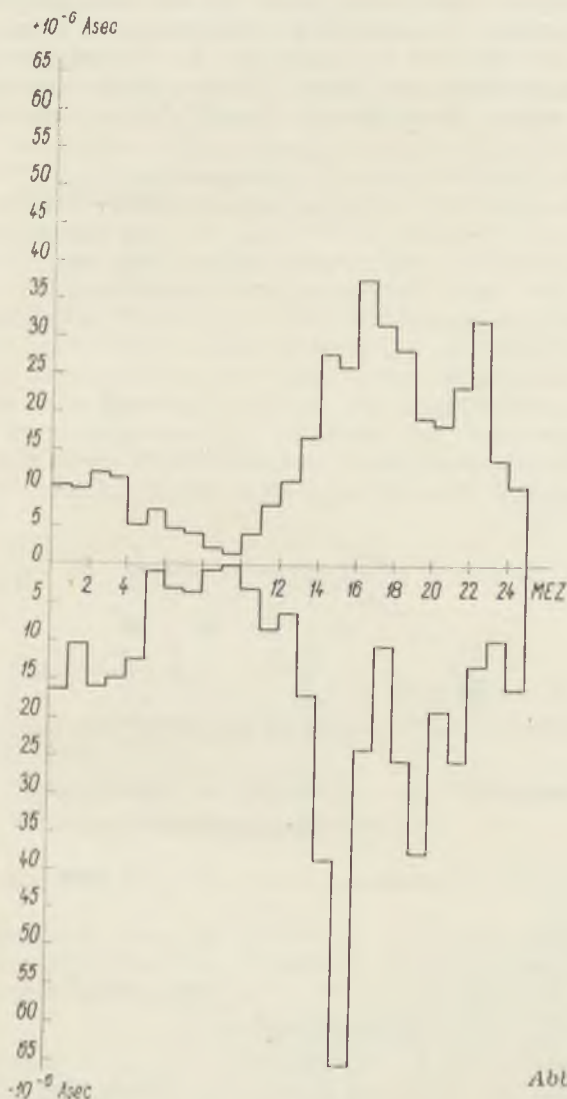


Abb. 8.

verschiedenen meteorologischen Faktoren in den luftelektrischen Elementen verursachten Änderungen festgestellt werden können. Auf der Station werden zur Zeit die Lufttemperatur und die relative Feuchtigkeit täglich dreimal beobachtet, ferner werden auch andere, an Klimastationen übliche Beobachtungen, wie die Bestimmung von Bewölkung, Windrichtung und Windstärke, Niederschlag, Sichtweite, Bodenzustand ausgeführt.

4. Ionosphärische Messungen

Die Untersuchung der Variationen des elektromagnetischen Feldes der Erde kann nur durch die gleichzeitige Beobachtung der Ionosphäre erfolgreich

durchgeführt werden. Demzufolge hatten wir als Anfang im Jahre 1965 Versuche zur Messung der ionosphärischen Absorption im Lang- und Mittelwellenbereich mit der Methode A3 eingeleitet. Zur Bestimmung der Absorption wurde das von Sprenger und Lauter [8] entwickelte Verfahren angewandt. Wir haben für unsere Messungen die Sender Československo (272 kHz) und

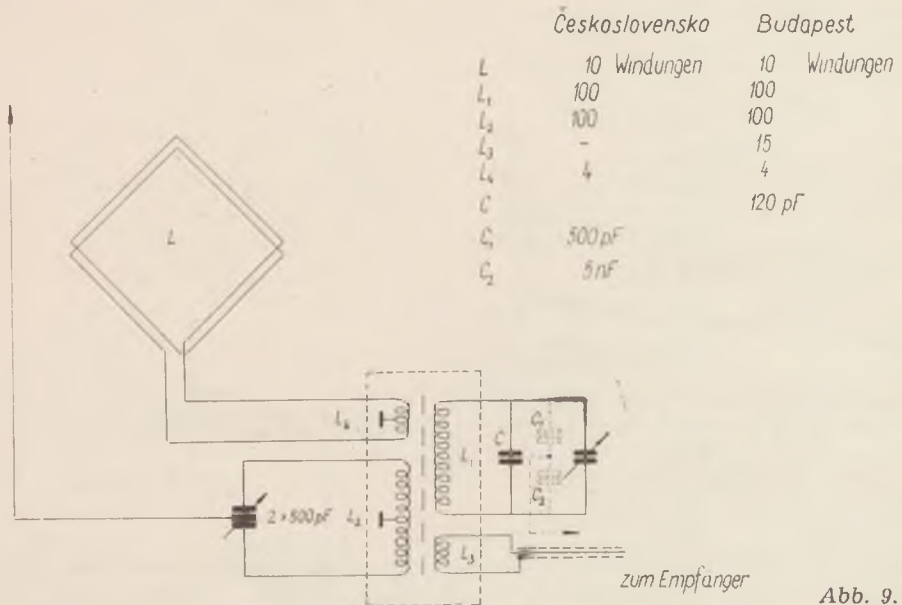


Abb. 9.

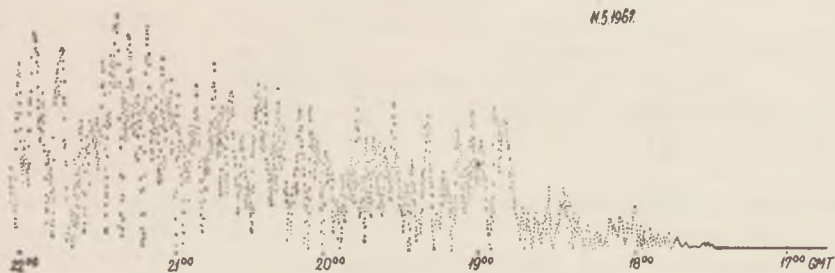


Abb. 10.

Budapest (539 kHz) gewählt. Die Feldstärke der Raumwelle wird im Verhältnis zu jener der Bodenwelle bestimmt. Zum Empfang der Raumwelle benutzt man eine vertikale Rahmenantenne. Wenn diese senkrecht zur Ausbreitungsrichtung der Bodenwelle eingestellt ist, wird die Bodenwelle des gewählten Senders fast ganz ausgeblendet. Der in dieser Minimumstellung überbleibende Rest der Bodenwelle wird mit Hilfe einer geeignet gekoppelten, vertikalen Stabantenne beseitigt (Abb. 9.) Die sogenannte „abnormale“ Komponente der elliptisch polarisierten, reflektierten Raumwelle — deren elektrischer Vektor

senkrecht zur Einfallsebene und der magnetischer Vektor in der Einfallsebene schwingt — ruft aber in der Rahmenantenne auch in dieser Stellung Spannungsänderungen hervor.

Wir verstärken zur Zeit die in der Antenne induzierte Spannung mit Hilfe eines Verstärkers „Allwellenempfänger“ vom Typ 188 (VEB Funkwerk, Erfurt), der in der Betriebsart tonmodulierte Telegrafie arbeitet. Das am Ausgang infolge der Telegrafieüberlagerung entstandene Signal von 1 kHz wird gleichgerichtet und mit Punktschreiber registriert. Die Registriergeschwindigkeit beträgt 6 cm/Stunde. Abb. 10 zeigt einen Abschnitt einer mit der beschriebenen Einrichtung gewonnenen Registrierung. Die Apparatur, bzw. der Messbereich des Punktschreibers wird so geeicht, dass man die Rahmenantenne um verschiedene Winkel φ aus der Nullstellung auslenkt und dadurch einen dem Auslenkungswinkel entsprechenden Teil der Bodenwellenfeldstärke erfassen lässt. Die Eichung wird jeden Tag in den Mittagsstunden vorgenommen, da im Lang- und Mittelwellenbereich die ionosphärische Absorption am Tage sehr stark ist, so dass man die Nullstelle der Rahmenantenne in den Mittagsstunden mit einer entsprechenden Genauigkeit einstellen kann. Der ionosphärische Reflexionskoeffizient wird nach [8] nach folgender Formel berechnet:

$$\varphi' = \frac{E'_R}{E_B} \frac{1}{2 \sin^2 i \cos i} \frac{\gamma_i}{k} = C \frac{E'_R}{E_B} \quad (1)$$

mit

$$C = \frac{1}{2 \sin^2 i \cos i} \frac{\gamma_i}{k} \quad (2)$$

wo $\frac{E'_R}{E_B}$ das gemessene Verhältnis der Raumwelle zur Bodenwelle

i der Einfallswinkel der Raumwelle am Empfangsort

γ_i der Bodenwellenübertragungsfaktor

$k = \frac{E_{OR}}{E_{OB}} \frac{1}{\sin i}$ (E_{OR} und E_{OB} von der Sendeantenne in Richtung des Raumwellenweges bzw. in horizontaler Richtung abgestrahlte Feldstärke) ist (Siehe Abb. 11). Die für die Berechnung nötigen Daten der zwei Sender sind

	Ceskoslovensko	Budapest
Entfernung	180 km	175 km
Reflexionsniveau	95 km	100 km
i	43°27'	41°11'
γ_i	0,24	0,20
k	1,95	0,29
c	0,18	1,06

Die ionosphärische Absorption wird mit der Gleichung

$$L' = -20 \log \varphi' \quad (3)$$

berechnet und in dB erhalten.

Bei der Auswertung der Registrierungen bildet man einen Medianwert mehrerer aufeinanderfolgenden Maxima, die während eines Zeitabschnittes von 20 Minuten registriert wurden, weil die jeweilige wahre Grösse der Raumwelle nur durch die Fadingmaxima repräsentiert wird und diese statistische Schwankungen zeigen. Die Mittelpunkte dieser Zeitabschnitte entsprechen den in

internationalen Vereinbarungen festgesetzten Zeitpunkten der Sonnenhöhen von 50° , 40° , 30° , $23,6^{\circ}$, $17,5^{\circ}$, $11,5^{\circ}$, 5° , 0° , -5° , -10° Vor- und Nachmittag. Zur Bestimmung eines nächtlichen Medianwertes wird der Abschnitt zwischen dem Zeitpunkt der Sonnenhöhe -10° am Abend und 23^{h} GMT benutzt.

Die nach Bearbeitung der Registrierungen erhaltenen Daten werden fortlaufend in den jährlich herausgegebenen Observatoriumsberichte veröffentlicht. Die Ergebnisse der auf Grund dieser Daten durchgeführten Spezialuntersuchungen erscheinen in verschiedenen Fachzeitschriften.

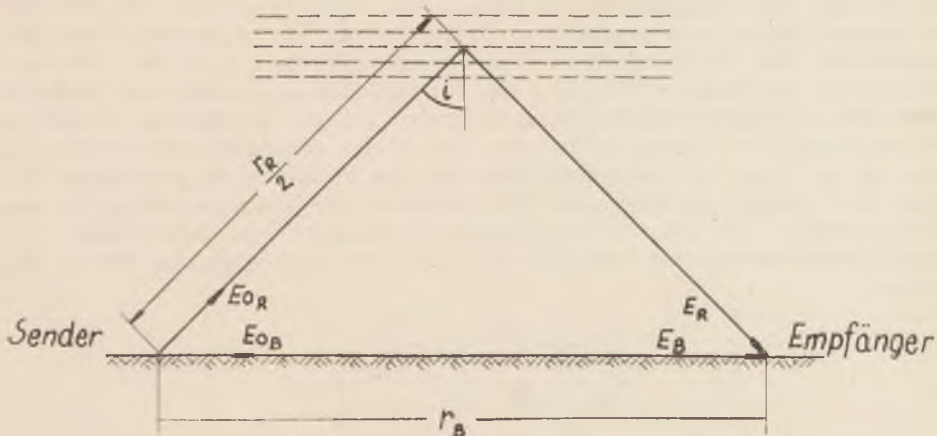


Abb. II.

LITERATUR

- 1 MÜHLEISEN, R.: On the deviations of the course of elements of atmospheric electricity on continents from the worldwide course. *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics*, vol. 8, p. 146 (1956).
- 2 MÜHLEISEN, R.: Vorschläge zur Zusammenarbeit luftelektrischer Stationen, Wahl der Standorte, Arbeitsmethoden. In H. Israel: *Luftelektrizität im A. G. I. Aachen*, S. 117 (1957).
- 3 MÜHLEISEN, R.: Vorschläge für die Auswahl, Einrichtung und Zusammenarbeit luftelektrischer Stationen im Internationalen Jahr. In H. Israel: *Luftelektrizität im A. G. I. Aachen*, S. 72 (1957).
- 4 ISRAEL, H. und DOLEZALEK, H.: Zur Methodik luftelektrischer Messungen IV. Störspannungen in luftelektrischen Messfühlern und ihre Verhütung. *Gerlands Beiträge zur Geophysik*, Bd. 66, S. 129 (1957).
- 5 DOLEZALEK H.: Freiluft-Isolator mit über 10^{13} ohm Widerstand für alle Klimate (Ein Beitrag zur luftelektrischen Messtechnik), *Geofisica pura e applicata*, vol. 33, p. 223 (1956).
- 6 KOENIGSFELD, L. et PIRAUX.: Un nouvel electrometre portatif pour la mesure des charges electrostatiques par systeme electronique. *Institut Royal Meteorologique de Belgique, Memoires*. vol. XLV, 1951.
- 7 BOSSOLASCO, M. e MEDA, F.: Un nuovo tipo di elettrometro. *Geofisica pura e applicata*, vol. 30, p. 151 (1955).
- 8 SPRENGER, K. und LAUTER, E. A.: Verfahren zur Messung der ionosphärischen Absorption (A3—Methode) im Lang- und Mittelwellenbereich. *Sommerschule „Untere Ionosphäre“ Kühlungsborn, 1964. NKGG Veröffentlichungsreihe II. Heft 1, S. 47 (1966)*