

ZEITSCHRIFT
FÜR
G E O P H Y S I K

Herausgegeben von der

Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft

Schriftleitung: B. Brockamp, Münster i. W.

Jahrgang 20

1954

Heft 3

PHYSICA - VERLAG · WURZBURG

INHALTSVERZEICHNIS

Gustav Heinrich Angenheister †	113
Bibliographie Angenheister	117
<i>Fleischer, U.</i> : Charakteristische erdmagnetische Baystörungen in Mitteleuropa	120
<i>Israel, H., u. G. Fries</i> †: Luftertrische Untersuchungen während der Sonnenfinsternis am 30. 6. 1954	137
<i>Linsser, H.</i> : Anwendungsmöglichkeiten transversaler Wellen in der Untertage-Seismik	150
<i>Strobach, K.</i> : Die neue Erdbebenstation in Hamburg	160

Die ZEITSCHRIFT FÜR GEOPHYSIK

erscheint in Jahrgängen zu je 4 Heften. Der Bezugspreis beträgt je Jahrgang DM 16.—, Einzelhefte je nach Umfang. Abonnements verlängern sich jeweils um einen Jahrgang, falls keine ausdrückliche Abbestellung zum Ende eines Jahrganges vorliegt.

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 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 Schriftleiters 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 Schriftleiter zu richten:

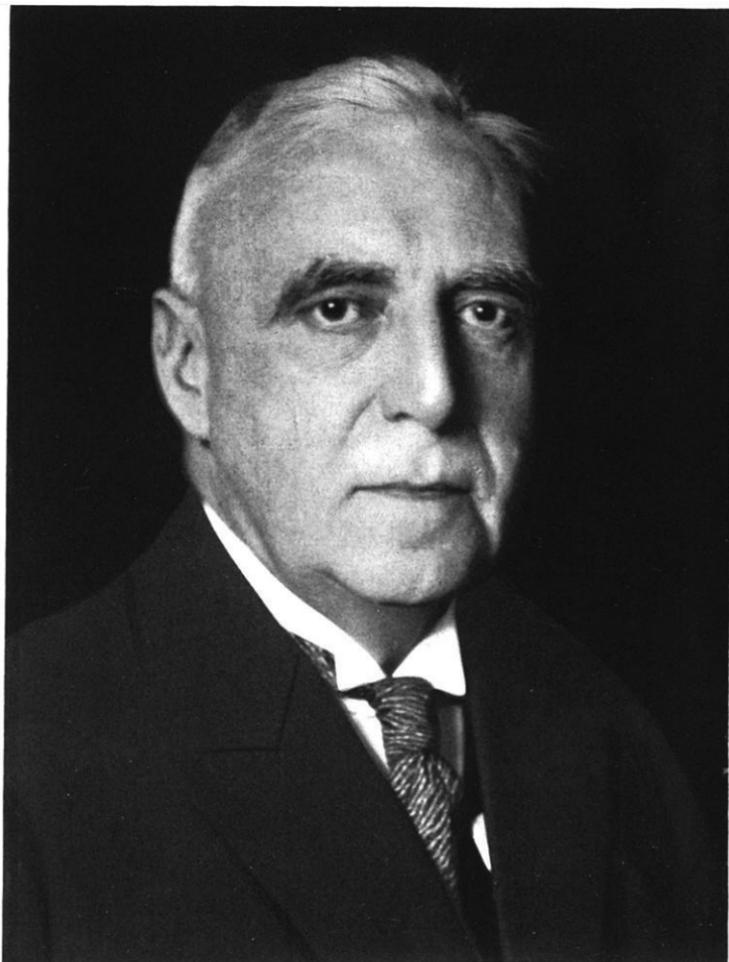
Dr. habil. B. Brockamp, Münster (Westf.) Pferdegasse 3

Anschrift der *Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft*:

Hamburg 13, Rothenbaumchaussee 80

Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der photomechanischen Wiedergabe u. der Übersetzung, vorbehalten. Copyright 1954 by PHYSICA-VERLAG Rudolf Liebing K.-G., Würzburg. Printed in Germany. Druck Verlag Anton Hain K. G., Meisenheim am Glan.

Bekanntmachung lt. Bayr. Pressegesetz: Verlag: PHYSICA-VERLAG Rudolf Liebing K.-G., Würzburg, Rotlöwen-gasse 2. Pers. haft. Ges.: Rudolf Liebing, Arnulf Liebing u. Hildgund Holler, sämtl. Buchhändler in Würzburg. Kommanditisten: Friedr. Gäbler, Buchhändler u. Charl. Kuhnert, beide Würzburg. Verantwortl. f.d. Anzeigenteil: Arnulf Liebing.



GUSTAV ANGENHEISTER

Gustav Heinrich Angenheister †

Beim Wiedererscheinen der "Zeitschrift für Geophysik" nach einer längeren Pause ist es eine besondere Verpflichtung des Mannes zu gedenken, der mitgeholfen hat, diese Zeitschrift ins Leben zu rufen und der 20 Jahre lang als ihr Schriftleiter bestrebt und bemüht war, sie auf die Höhe zu bringen und zu halten, die ihr einen der ersten Plätze in der Reihe der geophysikalischen Periodicas sicherte. *Gustav Heinrich Angenheister* hat sich hierbei unvergängliche Verdienste erworben.

Es hat ihn schwer getroffen, als in den Kriegsjahren der Umfang der Bände immer mehr schrumpfte und das Erscheinen der Zeitschrift schließlich ganz eingestellt werden mußte. Die Wirren der Jahre 1944 und 1945 und die durch diese hervorgerufenen Sorgen um alles was ihm anvertraut war, Familie wie Institut, forderten von seinem verantwortungsbewußten Herzen immer größer werdende Belastungen, denen es schließlich nicht mehr gewachsen war. Am 28. Juni 1945 hörte es auf zu schlagen. Damit hat ein Forscherleben geendet, das am 26. Februar 1878 in Cleve begonnen hat.

Nach dem Studium an den Universitäten Heidelberg, München und Berlin, das 1902 mit der Promotion auf dem Gebiete der Experimentalphysik abgeschlossen wurde, bot sich *Angenheister* die Möglichkeit, die Hochschullaufbahn einzuschlagen. Prof. *Quinke* holte ihn für zwei Jahre als Assistent nach Heidelberg. Nach Ablegung der einjährigen Militärdienstzeit im Jahre 1905 entschied sich *Angenheister* für das Wissensgebiet, dem seine ganze Lebensarbeit galt, für die Geophysik. Er übernahm eine Assistentenstelle am Geophysikalischen Institut der Universität Göttingen. Geheimrat *Wiechert* vertraute ihm die Göttinger Erdbebenwarte an. Bei der Bearbeitung der Seismogramme interessierte sich *Angenheister* besonders für die Hauptphase derselben, für die Oberflächenwellen. Es gelang ihm erstmalig, aus den Wiederkehrwellen Angaben über die Absorption elastischer Oberflächenwellen zu machen. Obwohl er sich sein Leben lang nie auf ein Teilgebiet der Geophysik spezialisierte, blieb doch fortan die Seismik sein Lieblingsfach.

Schon nach kurzem Aufenthalt am Göttinger Institut konnte sich *Angenheister* das volle Vertrauen von Geheimrat *Wiechert* erwerben, was darin zum Ausdruck kam, daß ihn dieser 1906 als Observator an das Geophysikalische Observatorium in Apia auf der Insel Samoa (Südsee) entsandte. Man muß sich vor Augen halten, daß in der damaligen Zeit die Geophysik noch in den ersten Anfängen steckte und man erst dabei war, die Instrumente zu entwickeln und die Beobachtungsstationen aufzubauen, mit denen Beobach-

tungsmaterial und laufende Registrierungen gewonnen werden konnten. Der Observator mußte daher über ein großes experimentelles Geschick bei der Entwicklung und Verbesserung der Geräte verfügen. Es standen noch nicht so viele technische Hilfsmittel wie heute zur Verfügung. Ein gewisses Maß an Improvisation war besonders bei einer Tätigkeit weit ab vom Mutterland erforderlich. Daß *Angenheister* über diese Fähigkeiten verfügte, braucht nicht besonders betont zu werden. Das Beobachtungsprogramm auf Samoa war sehr umfangreich. Das Observatorium umfaßte eine Erdbeben-, eine meteorologische, eine magnetische und eine luftelektrische Warte. Als *Angenheister* ein zweites Mal 1914 mit seiner Familie nach Samoa fuhr, um das Observatorium zu betreuen, wurde er bald nach Kriegsausbruch interniert. Seiner gewandten Verhandlungstaktik war es gelungen, daß er nach kurzer Zeit die Beobachtungen wieder selbst aufnehmen konnte. Die in dieser Zeit gewonnenen Erfahrungen und Erkenntnisse hat *Angenheister* in zahlreichen Veröffentlichungen der Nachwelt erhalten. Darin spiegelt sich die Vielseitigkeit seines Wirkens wieder.

Die Freude am Experiment und an der Beobachtung trieb *Angenheister* auch dazu, 1910 zusammen mit *Ansel* eine Reise nach Island zu unternehmen. Den Anlaß bildete der Durchgang der Erde durch den Schweif des *Halley'schen* Kometen. Es sollte die Einwirkung dieses Ereignisses auf das erdmagnetische und luftelektrische Feld studiert werden. Diese waren am ausgeprägtesten im hohen Norden zu erwarten. *Angenheister* scheute die Last eines umfangreichen Reisegepäcks nicht, sondern nahm auch Geräte für meteorologische Beobachtungen, die nicht unmittelbar mit dem Zweck der Reise in Verbindung standen, mit. Er nützte jede Gelegenheit zu Beobachtungen aus, selbst wenn diese im Augenblick nicht voll verwertet werden konnten.

Während sich bis in die Zeit nach dem ersten Weltkrieg im Wirken *Angenheisters* hauptsächlich der talentierte Observator abzeichnete, trat in der Zeit nach der Rückkehr aus Samoa, die man als seine Potsdamer Zeit bezeichnen kann, der Gelehrte zu Tage. Es zeigte sich, daß er seine vielen Beobachtungen nicht um ihrer selbst willen angestellt hat, sondern daß er stets bestrebt war, sie von einer höheren Warte aus zu deuten und die inneren Zusammenhänge aufzudecken. Sein gründliches und gereiftes Wissen auf vielen Teilgebieten der Geophysik hat seinen Niederschlag in den Hand- und Lehrbuchartikeln (s. Bibliographie) gefunden, die er hauptsächlich in Potsdam bearbeitet hat. Der Lohn für die große Mühe und Arbeit, die das Zusammentragen und Verarbeiten eines umfangreichen Materials zu der komprimierten Darstellung in Handbuchartikeln bereitet, ist darin zu sehen, daß sich *Angenheister* in diesen Standardwerken der Naturwissenschaften ein bleibendes Denkmal gesetzt hat.

Angenheister konnte sich nicht nur bei seinen engen Mitarbeitern, sondern auch bei den Fachkollegen in aller Welt großer Beliebtheit erfreuen.

Dies ist nicht allein auf sein großes Wissen und Können zurückzuführen, sondern liegt besonders in seinen hohen menschlichen Eigenschaften begründet. Er liebte und pflegte echte Freundschaft und Geselligkeit ohne Vorbehalte. So ist es zu verstehen, daß ihm die Ehre zuteil wurde, in mehreren Akademien und Ausschüssen als aktives Mitglied tätig sein zu dürfen. Er gehörte als ordentliches Mitglied der Akademie der Wissenschaften zu Göttingen und der Kaiserl. Leopold. Carol. Akademie der Naturforscher, als korrespondierendes Mitglied der Akademie der Wissenschaften in Kairo und der Association Geofisica d. Mexico, als Vorstandsmitglied der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft, als Mitglied der Seismological Society of America, der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft, der Deutschen Physikalischen Gesellschaft und der Gesellschaft für technische Physik an. Er arbeitete in folgenden Ausschüssen mit: Ausschuß für Einheit und Formelgröße, Kommission für die Deutsche Reichsaufnahme, Forschungsausschuß der Deutschen Forschungsgemeinschaft, wissenschaftlicher Ausschuß der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte als Vorsitzender ihrer Naturwissenschaftlichen Hauptgruppe, Kommission für Großstruktur der Erde (Ozean-Kontinent) bei der Internationalen Vereinigung für Geophysik und Geodäsie und schließlich Kommission für Geophysik bei den internationalen Geologenkongressen.

Nach dem Tode von Geheimrat *Wiechert* kehrte *Angenheister* 1929 nach Göttingen zurück, um das Werk seines Lehrmeisters fortzuführen. *Wiechert* hatte erkannt, daß die von Großsprengungen ausgestrahlten Erschütterungen ein wertvolles Hilfsmittel zur Erforschung des tieferen Untergrundes (Aufbau des kontinentalen Blockes) darstellen. Unter seiner Leitung wurden auch die ersten Beobachtungen angestellt. *Angenheister* hatte gerade für diesen Teil der Seismik eine besondere Vorliebe und betrieb ihn mit einer bewundernswürdigen Ausdauer. Wenn nach seinem Tode auf diesem Gebiete sehr schöne Ergebnisse erzielt worden sind und ihm heute in aller Welt Beachtung geschenkt wird, so darf man nicht vergessen, daß die Erfolge mit *Angenheister'schen* Geräten und vor allem mit *Angenheister'schen* Erfahrungen erzielt worden sind, die wiederum aus einer langjährigen, zähen Institutsarbeit hervorgegangen sind.

Auch auf einem anderen Gebiete der Seismik, das sich nur mit den obersten Bereichen der Erdkruste befaßt, nämlich der dynamischen Bodenuntersuchung mittels sinusförmiger Wellen, hat *Angenheister* Pionierarbeit geleistet. Unter seiner umsichtigen Leitung ist es zu einer erfolgreichen Zusammenarbeit zwischen dem Geophysikalischen Institut, Göttingen, und der Deutschen Gesellschaft für Bodenmechanik, Berlin, gekommen, aus der viele wertvolle Veröffentlichungen hervorgegangen sind.

Der Lehrer *Angenheister* offenbarte sich besonders im letzten Abschnitt seines Lebens, in der Göttinger Zeit. Er wurde nie müde, auf die vielen Fragen der Studenten nach der Vorlesung einzugehen. Er war jedoch nicht

nur bemüht, seinen Schülern ein gediegenes Fachwissen zu vermitteln, seine Fürsorge reichte über das Examen hinaus und begleitete sie auf ihrem Lebensweg. Er liebte es, mit ihnen im geselligen Kreise zusammen zu sein und fühlte sich dabei als glücklicher "Familienvater". *Angenheister* trug ein großes ethisches Verantwortungsbewußtsein in sich für alles, was ihm anvertraut war, für seine Schüler wie für sein Institut. Dies wurde offenbar als er das letzte Mal zur Klinik mußte und wußte, daß er nicht mehr zurückkehren werde. Der Krankenwagen war schon unterwegs und der Koffer stand vor der Haustür. Da ging *Gustav Heinrich Angenheister* zum letzten Male ruhig und feierlich durch die Räume des Institutes, um von allem, was ihm lieb und wert war, Abschied zu nehmen.

O. Förtsch

Bibliographie Gustav Angenheister

Abkürzungen: Nachr. Göttingen = Nachrichten der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften. Mathematisch-physikalische Klasse – Terr. Mag. = Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity – ZfG = Zeitschrift für Geophysik – FuF = Forschungen und Fortschritte.

Beiträge zur Kenntnis von der Elastizität der Metalle. – Annalen der Physik, Band 11, 1903.

Seismische Registrierungen in Göttingen im Jahre 1905. – Nachr. Göttingen. 1906.

Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit und Absorption von Erdbebenwellen, die durch den Gegenpunkt des Herdes gegangen sind. – Nachr. Göttingen. 1906.

Die Werte der Erdmagnetischen Elemente in Apia, 1905-1908 (nach den Registrierungen des Samoa-Observatoriums). – Terr. Mag. 1910.

Meteorologische Beobachtungen in der Südsee, gesammelt vom Samoa-Observatorium – Nachr. Göttingen. 1911.

Die Island-Expedition im Frühjahr 1910. – Die erdmagnetischen Beobachtungen. – Nachr. Göttingen. 1911.

Über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit magnetischer Störungen und Pulsationen. – Nachr. Göttingen. 1913.

Ergebnisse der Arbeiten des Samoa-Observatoriums der Königl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. X. Die erdmagnetischen Beobachtungen im Jahre 1911. – Abhandlungen der Königl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. Math. phys. Klasse. Neue Folge Band IX Nr. 6.

Die luftelektrischen Beobachtungen am Samoa-Observatorium 1912/13. – Nachr. Göttingen. 1914.

Über die dreijährige Luftdruckschwankung und ihren Zusammenhang mit Polschwankungen. Vorläufige Mitteilung. – Nachr. Göttingen. 1911.

Sonnentätigkeit, Strahlung und Erdmagnetismus im Verlauf der Sonnenrotation. Vorläufige Mitteilung. – Nachr. Göttingen. 1920.

Der jährliche Gang der erdmagnetischen Aktivität. Vier Erdbeben und Flutwellen im Pazifischen Ozean – Nachr. Göttingen. 1920.

Values of the Magnetic Elements at the Samoa Observatory – Terr. Mag., vol. 18, 1913.

Magnetic Observations at the Samoa Observatory during the Solar Eclipse of August 21, 1914. – Terr. Mag., vol. 18.

Sonnentätigkeit, Sonnenstrahlung, Lufttemperatur und Erdmagnetische Aktivität im Verlauf einer Sonnenrotation. Über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit erdmagnetischer Störungen und Pulsationen. – Terr. Mag. 1920

Der jährliche Gang der erdmagnetischen Aktivität. – Terr. Mag. 1920.

Note on the Magnetic Storm May 13-16, 1921. – Terr. Mag. 1921.

Beobachtungen an pazifischen Beben. – Nachr. Göttingen. 1921, S. 21-24.

Reports of Research Committees. — Section A 4. Seismological Committee. Summary of Report on Pacific Earthquakes. By Authority: Albert J. Mullett, Government Printer, Melbourne.

Ursprung, Verteilung und praktische Verwendung des Erdmagnetismus. — "Mitt. a. d. Marktscheidewesen", Jahrg. 1922.

Liste der wichtigsten am Samoa-Observatorium 1913/20 registrierten Erdbeben. — Nachr. Göttingen. 1922.

Die erdmagnetischen Störungen nach den Beobachtungen des Samoa-Observatoriums. 1. Teil. — Nachr. Göttingen. 1924.

Das Polarlichtspektrum und die Konstitution der oberen Atmosphäre. — ZfG, Jahrg. 1, H. 1/2.

Das Magnetfeld der Erde und der Sonne. — Nachr. Göttingen. 1924.

Die luftelektrischen Beobachtungen am Samoa-Observatorium 1914-1918. — Nachr. Göttingen. 1924.

Die Wirkung des Regens auf die Registrierung des Potentialgefälles der Atmosphäre. — Nachr. Göttingen. 1924.

A Summary of the Meteorological Observations of the Samoa Observatory (1890-1920). Apia Observatory Samoa. Edited by E. Marsden, D.Sc., F.N.Z. Inst., and D.M.Y. Sommerville, M.A.D.Sc., F.N.Z. Inst.

Die Laufzeit des Schalls für große Entfernungen. — ZfG, Jahrg. 1, H. 7.

Laufzeit des Schalls für große Entfernungen. — ZfG, Jahrg. 2, H. 2/3.

Die physikalische Natur des erdmagnetischen Feldes-Physik. ZfG, 26. Jahrg. 1925.

Die Fortentwicklung geophysikalischer Aufschlußmethoden in den letzten Jahren. — "Mitteilungen aus dem Marktscheidewesen", Jahresheft 1926.

Beobachtungen bei Sprengungen. — ZfG, Jahrg. 3, H. 1

Magnetische Waage mit Fadenaufhängung. — ZfG, Jahrg. 2, H. 1.

Beobachtungen an dünnen Drähten, besonders zur Aufhängung der Eötvösschen Drehwaage. — ZfG, Jahrg. 2, H. 1.

Lehrbuch der Geophysik. — ZfG, Jahrg. 2, H. 8.

Bericht über die XIV. Tagung des Internationalen Geologenkongresses, Abteilung X: Geophysik, in Madrid, vom 14. bis 31. Mai 1926. — ZfG, Jahrg. 2, H. 6.

Emil Wiechert. — Nachr. Göttingen. 1927/28.

Emil Wiechert † — ZfG, Jahrg. 4, Heft 3, 1928.

E. Wiechert Deutsches Biographisches Jahrbuch 1928.

Alfred Wegeners letzte Grönlandfahrt. — ZfG, Jahrg. 8, H. 8

Geophysikalische Untersuchung der obersten Erdhülle und ihre praktische Bedeutung. FuF, 10. Jahrg., Nr. 31, 1934.

Ausbreitungen von Maschinenschwingungen im Untergrund. — FuF, 10. Jahrg. Nr. 20/21, 1934.

Zeitschrift für die gesamte Naturwissenschaft einschl. Naturphilosophie und Geschichte der Naturwissenschaft und Medizin. – ZfG, Jahrg. 11, H. 3, 1935.

Research and Progress. – Quarterly Review of German Science. Vol. I, 1935. No. 8.

Untersuchung des Untergrundes mit Hilfe von sinusförmig erregten Bodenschwingungen. – Extrait des Publications du Bureau central seismologique international, série A: Travaux scientifiques, fascicule 15. – 1937.

Bodenschwingung sinusförmige Erregung. Abhandlung d. Ges. d. Wiss. zu Göttingen III Folge, Heft 18, 1937.

Beziehung zwischen Meereshöhe und Schwere in gestörten Gebieten. – ZfG, Jahrg. 14, Heft 5/6, 1938.

Boden- und Gebäudeschwingungen – Berichtsheft d. V.D.J., Schwingungstag 1938.

G.A. Suckstorff † – ZfG, Jahrg. 17, Heft 7/8, 1941/42.

Seismische Untersuchungen des Geophysikalischen Institutes in Göttingen. XLIII. Bestimmung einer Grenzfläche durch Laufzeiten oder Richtungswinkel reflektierter Wellen. – ZfG, Jahrg. 17, Heft 7/8, 1941/42, S. 310-316.

Ausbreitung der Bodenschwingungen bei großen Sprengungen und oberflächennahem Erdstoß. – Göttingische Gelehrte Anzeigen, 204. Jahrgang, 1942. Nr. 7

Fortschreitende elastische Wellen in planparallelen Platten – "Gerlands Beiträge zur Geophysik" 61, 1950. H. 4.

Gustav Heinrich Angenheister † – "Gerlands Beiträge zur Geophysik" 61 Heft 4 (1950).

Seismik (Erdbebenwellen) Handb. d. Physik, Bd. VI [1928]

Bodenschwingungen. Ergeb. d. exakt. Naturw., Bd. XV [1936]

Magnetfeld der Erde. Handwörterb. d. Naturw., Bd. VI [1912]

Erdmagnetismus. Handb. d. Physik, Bd. XV [1927]

Erdmagnetische Messungen. Handb. d. Physik, Bd. XVI [1927]

Das Magnetfeld der Erde. Handb. d. Exper. Physik, Bd. 25, [1928]

Magnetfeld der Erde. Handwörterb. d. Naturw., Bd. VI [1932]

Polarlicht. Handwörterb. d. Naturw. [1912]

Polarlicht. Handwörterb. d. Naturw. [1933]

Das Polarlicht. Müller-Pouillet, Bd. V, 1 [1928]

Atmosphärische Elektrizität. Handb. d. Physik, Bd. XIV [1927]

Charakteristische erdmagnetische Baystörungen in Mitteleuropa und ihr innerer Anteil.

Von Ulrich Fleischer, Göttingen¹⁾

Zusammenfassung: Der Endpunkt des Horizontalvektors von Baystörungen durchläuft eine Schleife (looping). Die für jede Tageszeit charakteristischen Vektorschleifen wurden für Wingst ermittelt. Die zugehörigen Maximalvektoren ordnen sich gut in das ionosphärische Stromsystem von *Silsbee* und *Vestine* ein. Dagegen zeigen die psc-Störungen eine eigene Gesetzmäßigkeit. Die Vertikalkomponente aller bay-ähnlichen Störungen ist an sämtlichen Stationen verschieden und deshalb hauptsächlich einem inneren (induzierten) Stromsystem zuzuschreiben. Die Kenntnis ihrer räumlichen Verteilung verspricht daher Aufschluß über Leitfähigkeitsanomalien im Untergrund. Eine solche tritt in Nordwestdeutschland auf, wo mit einem transportablen ASKANIA-Variographen erdmagnetische Registrierungen ausgeführt wurden. Der hieraus gewonnene innere Anteil von ΔH und ΔZ läßt sich deuten als Feld eines Linienstromes in 70-100 km Tiefe, der etwa unterhalb von Bremen west-östlich (oder entgegengesetzt) fließt. Seine Stromstärke hängt nicht nur von der Änderungs geschwindigkeit, sondern auch von der Richtung des äußeren Feldes ab. Sie ist am größten, wenn das äußere Feld etwa in die Richtung SSW-NNE fällt. Diese Tatsache läßt sich durch Induktion des äußeren Horizontalfeldes in einem leitfähigen Körper erklären, der sich vorwiegend von WNW nach ESE und nach der Tiefe zu erstreckt. Der beobachtete "Linienstrom" fließt dann längs der Oberkante dieser "Platte".

Summary: The endpoint of the horizontal vector of bay disturbances describes a loop. The loops which are characteristic for every time of day were derived for Wingst observatory. The maximal vectors agree with the magnetic field of *Silsbee* and *Vestine's* ionospheric current-system for bays. The psc-disturbances, however, follow other laws.

The vertical component at every station is different and is therefore ascribed to an interior (induced) current-system. The knowledge of the regional distribution of that current-system promises to give information about abnormal electric conductivities in the earth's crust. Such an anomaly exists in northwestern Germany, where the author had recorded with a transportable "ASKANIA Geomagnetic Variograph". The inner part of ΔH and ΔZ derived from these records may be interpreted as the magnetic field of a linear current in the depth of 70-100 km flowing beneath Bremen either from West to East or in the opposite direction. The intensity of this current depends on the rate of change as well as on the direction of the exterior field. The greatest interior current occurs, if the exterior field has the direction SSW-NNE. This fact may be explained by induction of the exterior field within a conductive body (plate) extending from WNW to ESE and to depth. With this conception the observed "linear current" is taken to flow along the upper edge of this plate.

1) Dr. Ulrich Fleischer, Göttingen, Theaterplatz 8. (Die vorliegende Arbeit wurde am Geophysikalischen Institut Göttingen ausgeführt.)

Als Baystörungen werden erdmagnetische Variationen der in Abb. 1 wiedergegebenen Form bezeichnet.

Betrachtet man die Horizontalvektoren einer Bay an verschiedenen Stationen, so lassen sie sich zu einem bestimmten Zeitpunkt (z. B. 20^h15^m in Abb. 2) einem großräumig *homogenen* Flächenstrom (in der Ionosphäre) zuordnen. An einem früheren (oder späteren) Zeitpunkt dagegen sind die Horizontalvektoren an dicht benachbarten Stationen so verschieden, daß dann *inhomogene* Stromdichten auftreten müssen. (z. B. um 19^h45^m und 20^h00^m in Abb. 2).

Gleichzeitig zeigen die Z-Registrierungen in Mitteleuropa Differenzen von gleicher Größenordnung wie in ΔH (z. B. maximal um 15^h15^h und 15^h35^m in Abb. 1 zwischen Wn und Kle). Eine befriedigende Erklärung

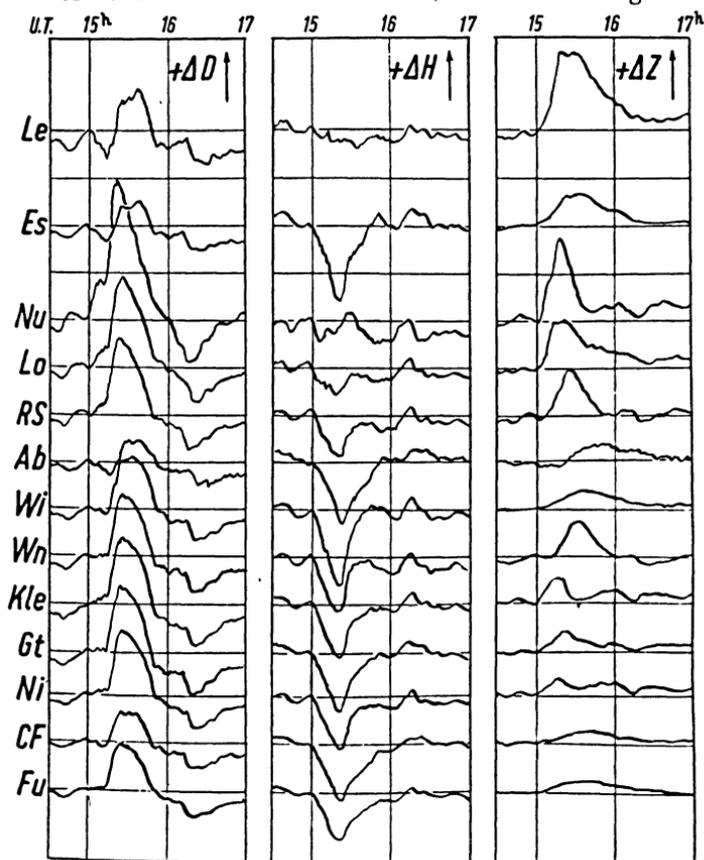


Abb. 1: Die Bay vom 6. Januar 1953 in einheitlichem Maßstab für alle Komponenten ($+\Delta D$ östlich, $+\Delta H$ nördlich, $+\Delta Z$ abwärts) an den nord- und mitteleuropäischen Stationen (vgl. Abb. 2) sowie der Reisestation Kleinelbe (vgl. Unterschrift zu Abb. 10). Der Abstand der Nulllinien entspricht $50\gamma = 50 \cdot 10^{-5}$ Oe.

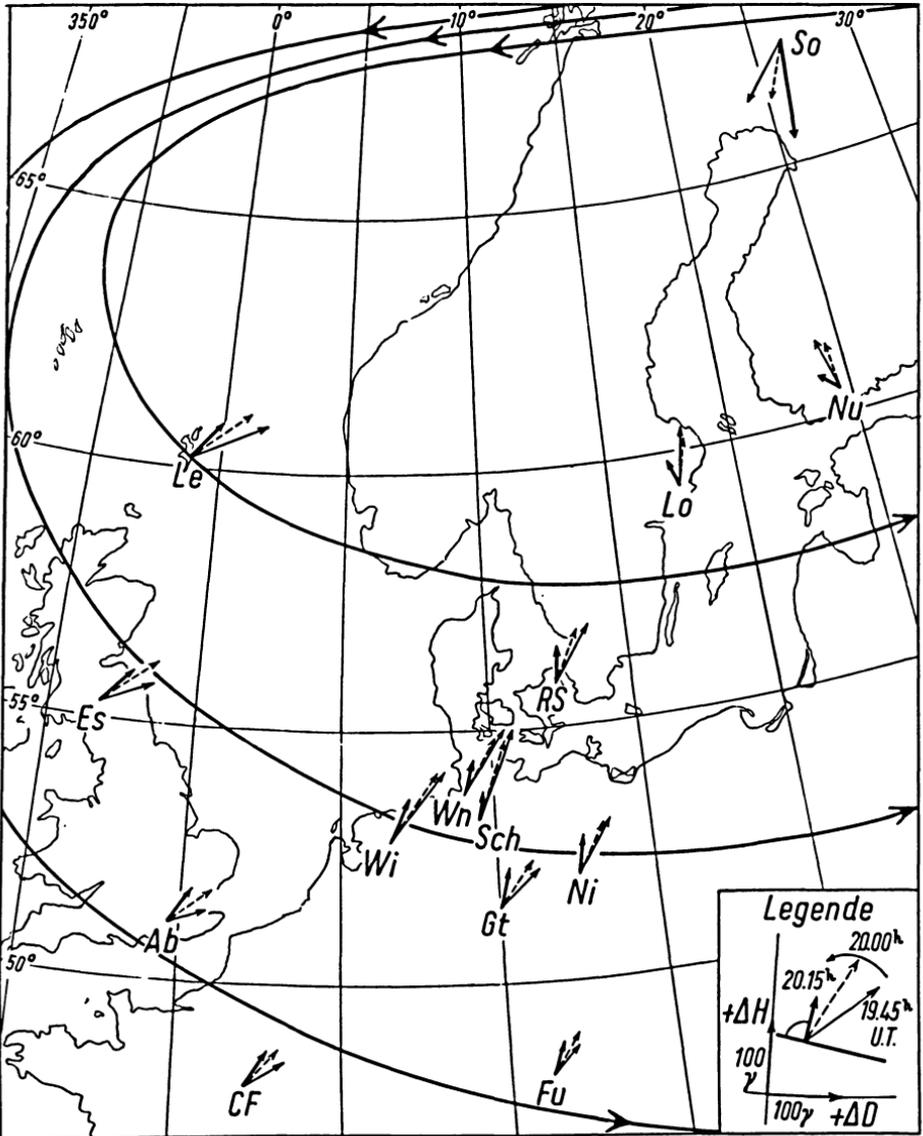


Abb. 2: Die Horizontalvektoren der Bay vom 5. Dezember 1952 (psc 19^h31^m) im Abstand von je 15 Minuten an den nord- und mitteleuropäischen Observatorien, nämlich (nach geomagnetischer Breite geordnet): So = Sodankylä (Finnland), Le = Lerwick (Shetlands), Es = Eskdalemuir (Schottland), Lo = Lovö (für Stockholm), Nu = Nurmi-järvi (bei Helsinki), RS = Rude Skow (für Kopenhagen), Wn = Wingst (für Wilhelms-haven), Wi = Witteveen (für De Bilt, Holland), Ab = Abinger (für Greenwich), Gt = Göttingen, Ni = Niemeck (für Potsdam), CF = Chambon la Foret (für Paris), Fu = Fürstenfeldbruck (für München). Ferner: Reisestation Scheesel bei Bremen. Ferner: Senkrecht zu den 20^h15^m Vektoren konstruierte ionosphärische Stromlinien.

hierfür geben wegen der ortsfesten Ursache nur Erdströme, die man ohnehin durch Induktion des äußeren Feldes zu erwarten hat.

Eine Trennung des registrierten Feldes in einen Anteil mit äußeren und einen mit innerem Ursprung ist allerdings nur unter speziellen Annahmen

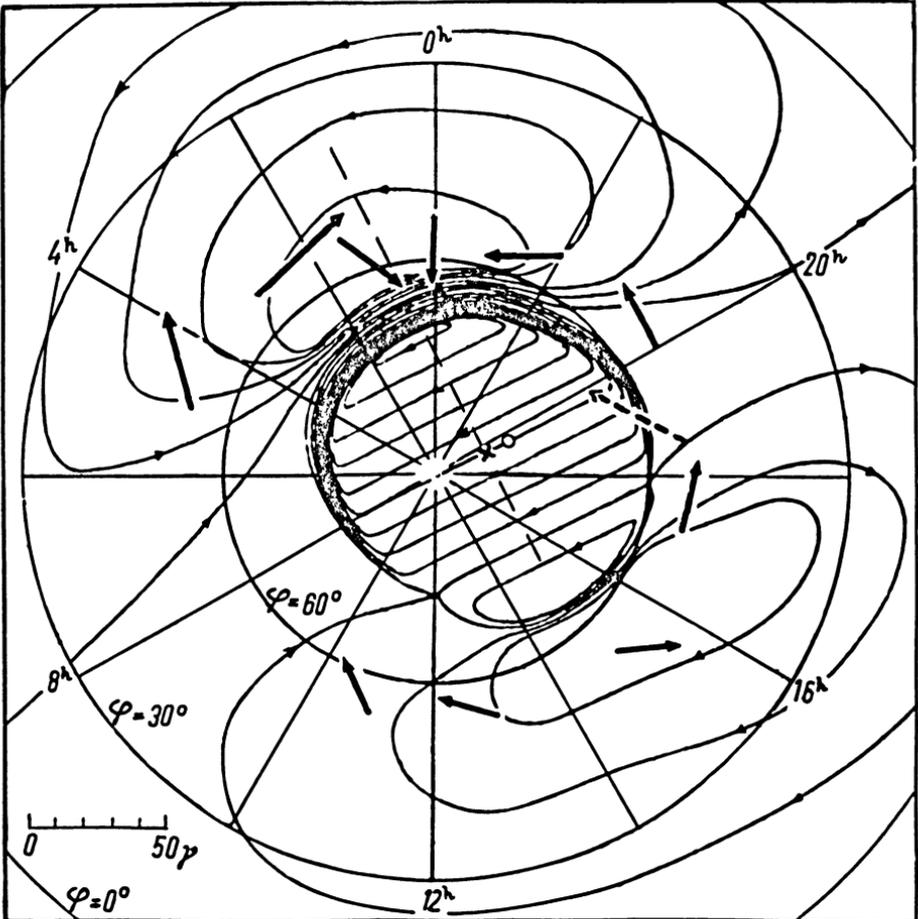


Abb. 3: Das Stromsystem von Silsbee und Vestine [1], das von diesen als "Momentaufnahme" für 0^h Weltzeit ermittelt wurde, hat ein Symmetriezentrum (x) zwischen geomagnetischem (o) und geographischem Pol (Schnittpunkt der Ortszeitmeridiane). Unter der Annahme, daß sich dieses Stromsystem immer relativ zum geographischen Pol aufbaut, sind die für Wingst 1949 ermittelten Horizontalvektoren von mittleren Baystörungen (Maximalamplituden der Schleifen von Abb. 4) in die Figur eingetragen. Bei Übereinstimmung müssen die Magnetfeldvektoren auf den Stromlinien senkrecht stehen und nachts eine Länge von 30γ haben, wie es z. B. um 1^h zutrifft. Dieser Betrag ergibt sich aus Abb. 8, die für die gestrichelt eingetragene Linie berechnet wurde, wenn je $50\,000$ Amp. zwischen zwei benachbarten Stromlinien fließen.

möglich. Zunächst wird daher das Gesamtfeld betrachtet werden, um die Auswirkung von Baystörungen an einem deutschen Observatorium (Wingst) zu ermitteln und mit derjenigen an anderen Stellen der Erde zu vergleichen.

Der Horizontalvektor von Bays und psc.

Die Verteilung der mittleren Maximalvektoren von Baystörungen über die ganze Erde und das dazugehörige ionosphärische Stromsystem (Abb. 3) wurden von *Silsbee* und *Vestine* [1] ermittelt. Hierzu wurden von ihnen – wie später auch von allen anderen Autoren – nur solche isolierten Störungen verwendet, die strengen Auswahlregeln genügen. Dies geschah, um alle Störungen zu eliminieren, die mit einem "magnetischen Sturm" zusammenhängen.

Wie bereits von *Steiner* [2] gezeigt und in Abb. 4 wiedergegeben wurde, durchläuft der Endpunkt des Horizontalvektors einer Bay während seiner

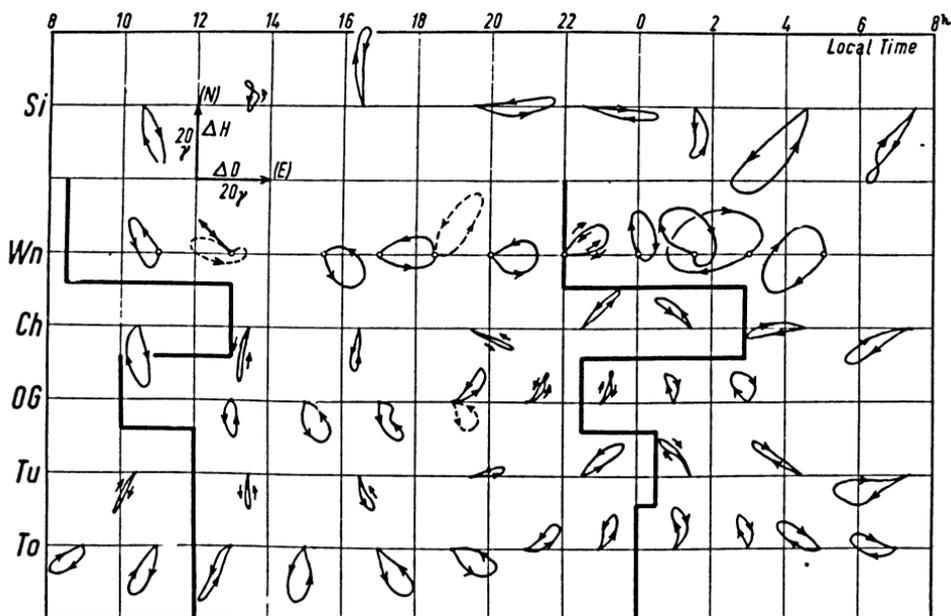


Abb. 4: Mittlerer Verlauf des Horizontalvektors von Baystörungen in Wingst verglichen mit folgenden Observatorien nach *Steiner*, *Hatakayama* und *Fukushima*, geordnet nach Ortszeit und geomagnetischer Breite: Si = Sitka (Alaska), Ch = Cheltenham (Maryland), OG = O'Gyalla (Ungarn), Tu = Tuscon (Arizona), und To = Toyohara (Japan). Zwischen den Trennungslinien treten die positiv durchlaufenen Schleifen auf. Zu den Zeitintervallen gehörende Anzahlen siehe Abb. 5.

ein- bis dreistündigen Dauer eine Schleife (looping) und zwar tags in (mathematisch) positivem, nachts in negativem Sinne, – wobei zu jeder Tageszeit eine bestimmte Richtung des Maximalvektors gehört.

Ein ähnliches Ergebnis wie Steiner für O'Gyalla (OG, Ungarn) gewannen auch Hatakeyama [3] für Toyohara (To, Japan) und Fukushima [4] für die amerikanischen Stationen (Si, Ch, Tu); Abb. 4.

Bei den eigenen Untersuchungen für Wingst 1949 erwies es sich als zweckmäßig eine besondere Art von Baystörungen getrennt zu behandeln, auf

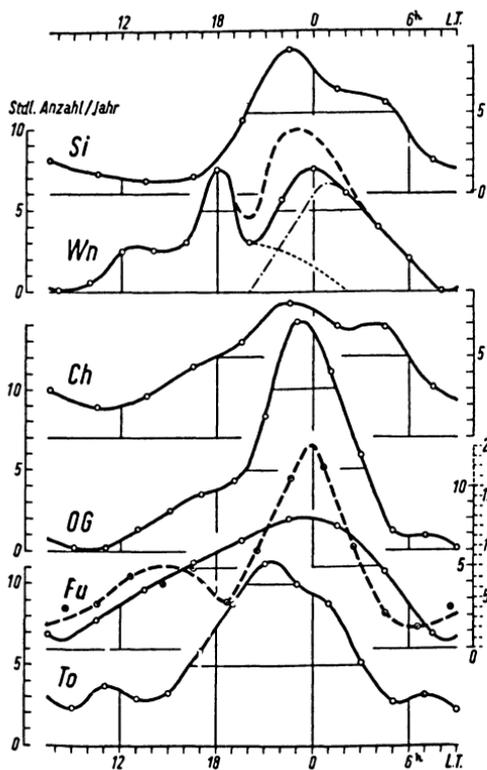


Abb. 5: Stündliche Anzahl der Bays pro Jahr; wie Abb. 4 aus folgender Zahl von Jahren gewonnen: Si 3, Wn 1, Ch 2, OG 11, Tu 2 und To 3. Dazu ferner (in abweichendem Maßstab) Tu nach [1] aus 1 Jahr. Wn außerdem mit 17 psc-Störungen (dick gestrichelt) und getrennt nach positiv (---) und negativ (-.-.-) drehenden Vektoren.

die O. Meyer [5] hinweist. Es handelt sich um bayartige Störungen, die einen plötzlichen Einsatz besitzen, der besonders in der Pulsationsregistrierung hervortritt (pulsational sudden commencement). Deswegen werden diese Störungen im Folgenden "psc-Störungen" genannt.

Die Abtrennung dieser psc-Störungen von den "Bays" lag nahe, da ein psc häufig einem ssc (storm sc) ähnlich ist, und es ein wesentlicher Gesichtspunkt bei der Auswahl der Baystörungen war, alle mit einem ssc verbundenen Effekte auszuschließen.

Die Tagesgänge der psc-Störungen sind aus den Abb. 6 und 7 zu entnehmen. Abb. 6 stellt zunächst die gemittelten Maximalvektoren dar, bei denen eine scharfe Richtungskonstanz auffällt. Abweichungen davon treten vor allem nach Mitternacht auf. Auffallend ist ferner, daß die psc-Vektoren nur Schleifen im positiven Sinne durchlaufen, und zwar gilt dies für alle individuellen Fälle, soweit überhaupt eine einfache Schleife gebildet wird. Von solchen einfachen loopings ist zu jedem Stundenintervall ein Einzelfall gegeben.

Die zu den gezeichneten Maximalvektoren gehörige Anzahl der psc ist aus Abb. 7a zu entnehmen, die ein Häufigkeitsmaximum um 22^h LT zeigt. Dies ist in Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Meyer aus 11 Jahren (Abb. 7b, 21^h30^m), da der von ihm aufgetragene psc-Einsatz im Mittel 25 Minuten vor der Maximalamplitude liegt.

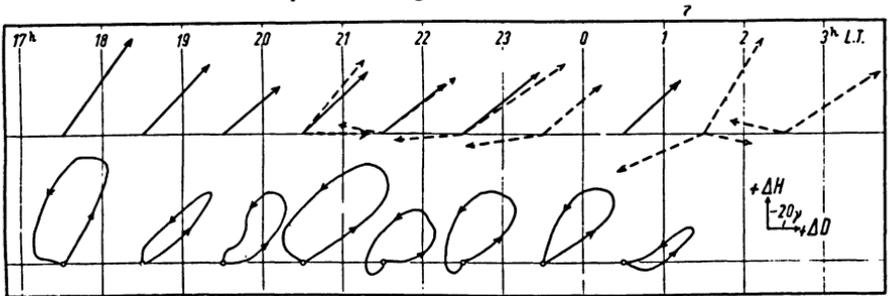


Abb. 6 oben: Maximale psc-Horizontalvektoren, gemittelt für Stundenintervalle 1949; gestrichelt: getrennt nach verschiedenen Richtungen, (abweichende Fälle: 1, 1, 2, 2, 0, 1+1.1) Abb. 6 unten: dem Mittel entsprechende individuelle psc-Vektorschleifen. Während die Vektoren (oben) die Abweichungen vom ungestörten Nullniveau wiedergeben, ist als Nullniveau für die Schleifen der Wert gewählt, in dem sich die Schleife schließt.

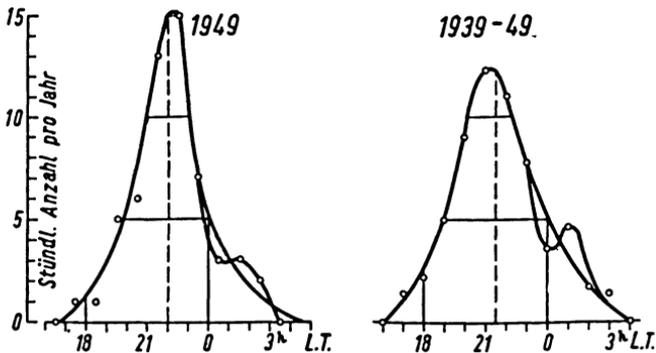


Abb. 7a u. b: Häufigkeit der psc in Wingst; links die 56 psc von 1949, nach der Ortszeit ihres Maximums geordnet; rechts: Mittel 1939 bis 1949 nach [5], nach der Ortszeit des psc-Einsatzes geordnet. Die Maximalamplitude der psc-Störung tritt im Mittel 25 Minuten nach ihrem Beginn auf.

Das Hauptmaximum der Bayhäufigkeit dagegen tritt in Wn um Mitternacht auf, und zwar genau um 24^h für alle Bays ohne psc, dagegen um 23^h einschließlich 17, nach den bisherigen Auswahlregeln als Bays noch zulässigen psc-Störungen (dick gestrichelt in Abb. 5 und um 1^h LT für die negativ durchlaufenden Schleifen allein (schwach gestrichelt in Abb. 5). Ein zweites Maximum tritt in Wn um 18^h auf (siehe unten). Während die anderen (ausgezogenen) Häufigkeitsverteilungen der Abb. 5 im wesentlichen

eine einwellige Kurve mit einem Maximum zwischen $21^{\text{h}}15^{\text{m}}$ und $23^{\text{h}}30^{\text{m}}$ LT ergeben, erhalten *Silsbee* und *Vestine* für jede von 9 Stationen zwischen 3° und 67° geomagnetischer Breite ein Hauptmaximum zwischen $23^{\text{h}}45^{\text{m}}$ und $1^{\text{h}}15^{\text{m}}$, sowie ein Nebenmaximum zwischen 15^{h} und 18^{h} LT.²⁾

Als Mittelwert entsteht so recht genau Mitternacht und es erscheint möglich, daß die an manchen Orten beträchtlichen Verfrühungen durch psc-Effekte hervorgerufen werden. Allerdings bleibt zunächst noch fraglich, wann das Häufigkeitsmaximum der psc an anderen Orten auftritt.³⁾

Nach Abzug der 17 psc-Störungen war die Zahl der in Wingst 1949 verbleibenden Bays so klein, daß ihre Vektorschleifen einzeln aufgezeichnet werden konnten. Als charakteristisch für ein Stunden-Intervall wurde dann für Wingst die Schleife gewählt, die am häufigsten vorkam. Auf diese Weise entstand das Bild in Abb. 4. Im Gegensatz zu den loopings an anderen Stationen fällt sofort deren Breite in Wingst auf, doch geben 16 individuelle Bays, die der Verfasser für Si, Ch und Tu gleichzeitig auswertete, sämtlich ebensolche breiten loopings. Der Unterschied scheint demnach nicht reell zu sein; er ist vielmehr in der Mittlungsmethode von *Hatakeyama*, die auch *Fukushima* benutzt, begründet. *Hatakeyama* unterteilt die Bay in 6 (*Steiner* in 40) Intervalle, und bildet das arithmetische Mittel der einzelnen Komponenten für jedes Intervall. Da zu den meisten Stunden Bays mit verschiedenen Ausschlagsrichtungen oder entgegengesetztem Umlaufssinn vorkommen, liefert dieser Prozeß – besonders für Dreistundenintervalle – eine bedeutend verschmälerte Schleife. Diese stellt zwar in gewissem Sinne den Mittelwert dar, doch kommt dieser Fall selbst gar nicht vor.

Wie die Darstellung der zu den loopings gehörenden stark nachgetragenen Mittelvektoren in Abb. 3 zeigt, ordnet sich das Ergebnis gut in das Stromsystem von *Silsbee* und *Vestine* ein. Hierdurch erklärt sich auch, warum der Maximalvektor in Wingst keine so gleichmäßige Drehung von einem Stundenintervall zum nächsten besitzt, wie man sie in niederen Breiten beobachtet⁴⁾ (Vergleiche hierzu in Abb. 4 die Schleifen als Ganzes).

Auffallend für die ganz herausfallende, gestrichelte Vektorschleife in Wingst $18^{\text{h}}-19^{\text{h}}$ ist, daß sie denen der psc-Störungen (Abb. 6) ähnlich ist

2) Vergleiche bei Tu auf Abb. 5 ihr Ergebnis (gestrichelt) mit dem von *Fukushima* (ausgezogene Kurve)!

3) Meyer nimmt an, daß es mit den Zeiten maximaler Empfindlichkeit gegen Partikelstrahlung zusammenfällt, die sich aus den erdmagnetischen Kennziffern zu 20^{h} LT in Wn und z. B. 3^{h} LT in Sitka ergeben.

4) zu beachten ist, daß auch diese von der Art und Intervallbreite der Mittelung abhängig ist.

Die Z-Komponente von Bays und ihr innerer Anteil.

Trotz der eingangs erwähnten Verschiedenheiten der Horizontalkomponenten an benachbarten Observatorien bleibt ihr Charakter doch über ein größeres Gebiet erhalten (vergleiche Abb. 1 und 2). Das obige Ergebnis für Wingst ist demnach im wesentlichen für Mitteleuropa gültig.

Für die Vertikalkomponente ist das Gegenteil der Fall, obwohl aus dem Stromsystem der Abb. 3 eine gleichmäßige Breitenabnahme zu erwarten ist. (Abb. 8).

Es hat daher wenig Sinn, sie in Wingst allein zu betrachten. Dagegen verspricht die Ermittlung ihrer räumlichen Auswirkung und deren Ursache neue Erkenntnisse. Als Erklärung für die schon lange beobachteten entgegengesetzten Ausschläge in Wingst und Niemeck bei allen bayähnlichen

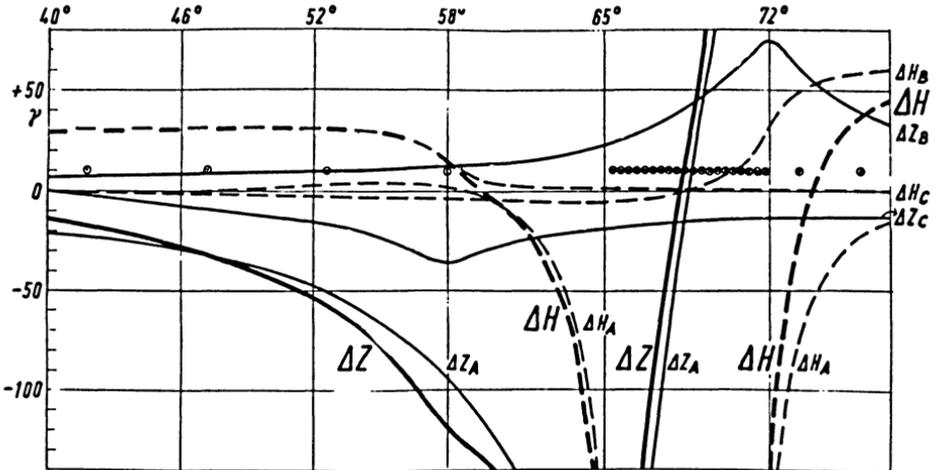


Abb. 8: Magnetfeld des mittleren *Silbsee-Vestine*'schen Stromsystems (Abb. 3) auf dem Meridian, der den Nachtwirbel symmetrisch teilt. Berechnet für

- A einen Polarlichtzonenstrom von 3500 km Länge, 800 km Breite zwischen $\phi = 65^\circ$ und $\phi = 72^\circ$, $J = 6 \cdot 10^5$ A, $j = 750$ A/km westwärts
- B einem Polkappenrückstrom von 4000 km Breite und Länge zwischen $\phi = 72^\circ$ und $\phi = 72^\circ$ (auf der anderen Seite des Pols), $J = 4 \cdot 10^5$ A, $j = 100$ A/km ostwärts; Berechnung bis $\phi = 70^\circ$ eben, für $\phi < 60^\circ$ mit einem auf einem Zylinderdarmantelstück fließenden Strom, dazwischen interpoliert.
- C einen ebenen unendlich langen Flächenstrom von $\phi = 22^\circ$ bis 58° mit $J = 2 \cdot 10^5$ A, $j = 50$ A/km ostwärts.

sämtlich in 100 km Höhe, im Längenmaßstab (1 : 40 Million) durch Kreise angedeutet. Z jeweils ausgezogen, H gestrichelt; Während das resultierende theoretische Feld (dick ausgezeichnet) z. B. für $\phi = 53^\circ$ ein Verhältnis $\Delta Z/\Delta H = -3$ ergibt, wird tatsächlich nur ein Wert zwischen $\pm 0,5$ beobachtet.

Variationen bemerkte bereits Meyer [5], daß entweder inhomogene Stromdichten in der Ionosphäre oder aber ein ost-westlicher Erdstrom zwischen Wingst und Niemeck angenommen werden müssen.

Da diese Differenzen sich jedoch ständig in gleicher Form wiederholen, in der Ionosphäre aber keine so kleinräumig ortsfesten Anomalien erklärbar sind, wie sie hierfür erforderlich wären, muß die Ursache im Untergrund gesucht werden.

Es besteht somit die Aussicht, Rückschlüsse auf Leitfähigkeitsanomalien im Untergrund zu gewinnen, wenn es gelingt, bei genügender Stationsdichte den inneren Feldanteil für alle Komponenten zu ermitteln.

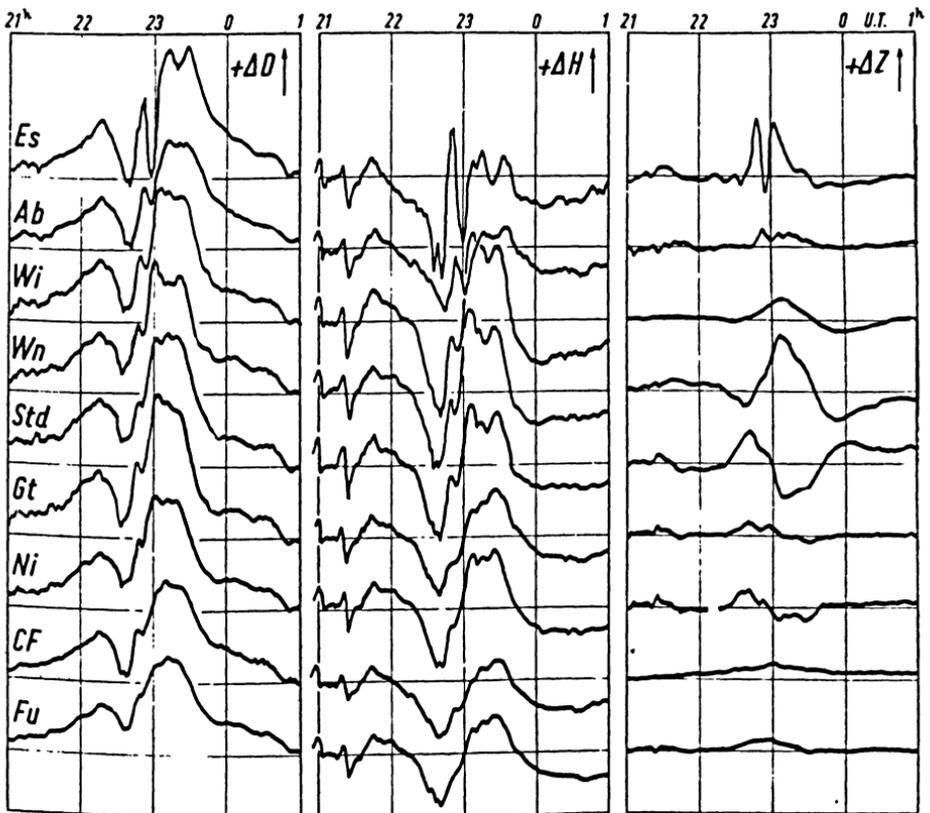


Abb. 9: Die bayährliche Störung vom 27./28. Dezember 1952 im einheitlichen Maßstab für alle mitteleuropäischen Observatorien sowie der Reisetation Stederdorf bei Hannover. Die Z-Differenz zwischen Wn und Std gibt deutlich den Induktionsanteil wieder, der den Charakter der Z-Kurven bestimmt. Erst in Es wird eine andere Störungsform bedeutend.

Von den Registrierungen, die zu diesem Zweck mit einem transportablen "Erdmagnetischen Variographen" im Dezember 1952 und im Januar 1953 ausgeführt wurden⁵⁾, wurde je eine bayähnliche Störung von jeder der sieben Reisestationen (vergleiche Abb. 10) ausgewählt. Zu diesen sieben Daten, die auch nach verschiedener Größe und Richtung der Störvektoren ausgesucht worden waren, wurden Magnetogramme von insgesamt 13 europäischen Observatorien auf einheitlichen Maßstab (mit Hilfe eines Affinographen) transformiert. Hiervon sind drei Fälle wiedergegeben worden, nämlich Abb. 1 und Abb. 2 für alle, Abb. 9 nur für die mitteleuropäischen Stationen⁶⁾.

An Hand dieser Unterlagen mußte nun versucht werden, den inneren und äußeren Anteil der registrierten Magnetfelder zu trennen⁷⁾. Einen ersten wichtigen Hinweis auf die Gestalt des inneren Feldes gibt folgende einfache Überlegung:

Ist ΔH_W das beobachtete Feld an einer Station W, δH_W der innere, ΔH_e der äußere Anteil hiervon, so ist

$$\Delta H_W = \Delta H_e + \delta H_W \quad (I)$$

und an der Station V

$$\Delta H_V = \Delta H_e + \delta H_V$$

so daß

$$\Delta H_W - \Delta H_V = \delta H_W - \delta H_V \quad (II) \quad \text{ist,}$$

wenn das äußere Feld an den Stationen V und W gleich groß ist⁸⁾, d. h.:

Die Subtraktion der Magnetogramme zweier benachbarter Stationen ergibt eine dem inneren Anteil proportionale Kurve.

Das Ergebnis dieses Prozesses für alle ausgewählten Daten zeigt Abb. 10. Dabei wurden für Z die Differenzen zwischen Wingst und den Reisestationen, für D und H zwischen zwei festen Observatorien gebildet. Nach mehrfachem Permutieren für den 27.12.52. hatte Witteveen die größten Differenzen in H und D ergeben, und zwar in D gegenüber Fürstenfeldbruck und in H gegenüber Abinger. Wie Abb. 10 zeigt, ergeben diese Differenzkurven in allen Fällen große Ähnlichkeit mit ΔZ (W_n - Variographenstation). Danach dürfte kaum in Frage stehen, daß diese Differenzkurven dem inneren Anteil proportional sind.

5) Den ASKANIA-Werken in Berlin-Friedenau sei an dieser Stelle nochmals für die leihweise Überlassung dieses Gerätes gedankt, das mir sehr gute Dienste geleistet hat.

6) Von diesen Stationen sind die zu der Vektordarstellung von Abb. 2 gehörenden Magnetogramme in [6] abgedruckt.

7) Die bekannte Trennung nach Kugelfunktionen für die ganze Erde ist auf dieses kleinräumige Problem nicht anwendbar. Eine von Kertz [7] kürzlich entwickelte und auf dem Fall der Abb. 2 angewandte ebene Trennung wird anschließend besprochen.

8) Diese Annahme gilt für benachbarte Stationen (vgl. Abb. 2, 3 und 8), für Z jedoch exakt nur auf derselben Breite, weil das Magnetfeld des Polarlichtzonen-Stromes gemäß Abb. 8 abnimmt.

Man erhält also auf diese Weise die Phasen des induzierten Anteils sowie dessen relative Amplituden. Ihre absoluten Beträge müssen auf andere Weise ermittelt werden. Eine befriedigende Lösung, wenigstens für Z und H, wurde durch folgende Überlegungen gefunden:

Die Störung vom 27.12.52. (Abb. 9) zeigt wegen ihrer großen Amplitude und der günstigen Lage der Reisestation Stederdorf besonders deutlich die Differenzen in ΔZ . Die Z-Kurve in Wingst erscheint in Stederdorf nahezu spiegelbildlich, so daß man darauf gestoßen wird, den Induktionsanteil δZ an beiden Orten entgegengesetzt gleichgroß anzunehmen, was einem E-W-Strom in der Mitte zwischen beiden entspricht; also

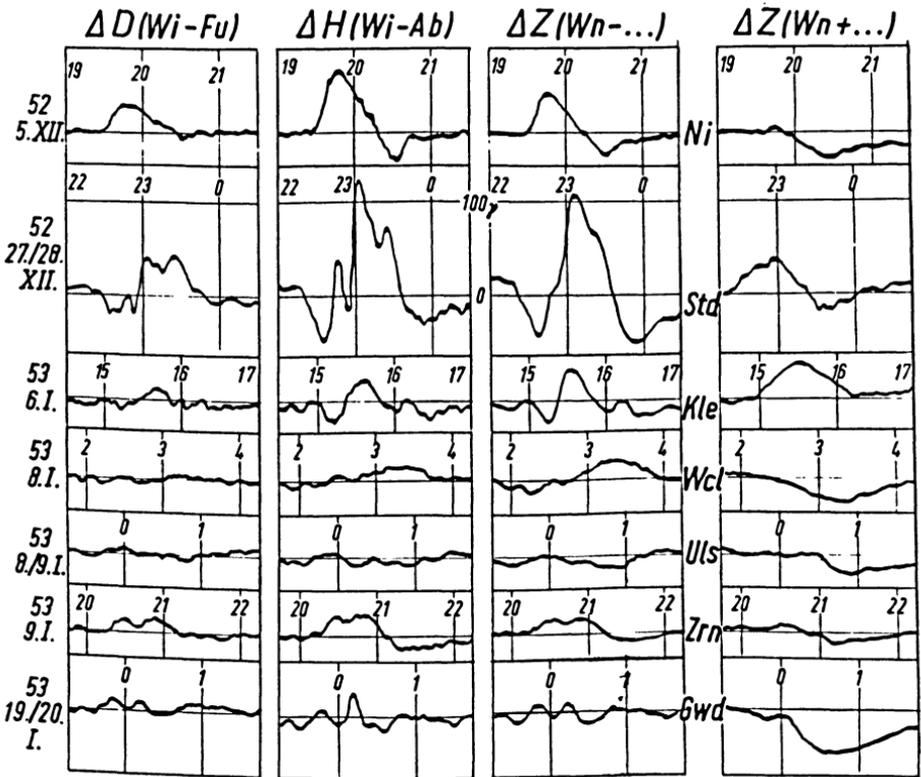


Abb. 10: Spalten 1 und 2: Differenzkurven zwischen Wi und Fu (ΔD) bzw. Ab (ΔH). Spalten 3 und 4: Differenz- bzw. Summenkurven zwischen den Z-Magnetogrammen in Wn und den Reisestationen (am 5.12. wurde Ni verwendet, da Scheessel fast kein ΔZ aufweist). Die Differenzkurven sind - laut (II) von Seite 130 - dem inneren, die Summenkurve laut (IV) dem äußeren Anteil proportional. Lage der Reisestationen: (ϕ, λ): Sch = Scheessel ($53^{\circ}10'$, $9^{\circ}30'$), Zrn = Zernien ($51^{\circ}04'$, $10^{\circ}53'$), Uls = Unterlüß ($52^{\circ}50'$, $10^{\circ}17'$), Wcl = Westercelle ($52^{\circ}36'$, $10^{\circ}03'$), Std = Stederdorf ($52^{\circ}21'$, $10^{\circ}13'$), Gwd = Grossenwieden ($52^{\circ}12'$, $9^{\circ}10'$), Kle = Kleinelbe ($52^{\circ}03'$, $10^{\circ}18'$).

$$\delta Z_{Std} = -\delta Z_{Wn} \quad (III)$$

Nach (I) folgt also ($\bar{W} = \bar{W}_n$; $V = Std$)

$$\Delta Z_{Wn} + \Delta Z_{Std} = 2 \Delta Z_e$$

$$\text{oder} \quad \Delta Z_e = \frac{1}{2} \Delta Z (Wn + Std) \quad (IV)$$

Diese Summenkurve $2 \Delta Z_e$ ist als vierte Spalte in Abb. 10 wiedergegeben. Ein Vergleich mit den danebenstehenden Differenzkurven, die nach dem oben Gesagten den inneren Anteil wiedergeben, zeigt in den ausgeprägten Fällen eine eindeutige Phasenverschiebung gegen ΔZ_e . Am 27.12. und 6.1. treten die Maxima der einen zur Zeit des Nulldurchganges (bzw. *größten* Anstiegs) der anderen auf, wie man es bei Induktion des äußeren Feldes zu erwarten hat. Unter der folgenden Vorstellung, müssen dann auch die Horizontalkomponenten sowohl im inneren wie im äußeren Anteil dieselbe Phase besitzen:

- 1.) Das äußere Feld bestehe aus einem Vektor variabler Größe aber konstanter Richtung⁹⁾.
- 2.) Das innere Feld entstehe durch – von 1.) induzierte – Ströme in *einem* leitfähigen Körper,¹⁰⁾ dessen Selbstinduktion für die vorkommende sehr tiefe Frequenz vernachlässigt werden kann (vergleiche hierzu Seite 96 in [8]).

Die Annahme eines großräumig einheitlichen Induktionsvorganges bestätigt sich für jede Einzelstörung durch die Ähnlichkeit der Differenzkurven sowohl von einer Komponente zwischen allen mitteleuropäischen Stationen als auch von je zwei Stationen zwischen allen drei Komponenten.

Dem hiernach zu fordernden äußeren Anteil entspricht das ΔH , das man unmittelbar in Fürstenfeldbruck, Chambon la Foret und Göttingen beobachtet, z. B. am 5. und 27.12.52., sowie 9.3.53.¹¹⁾ (Abb. 2 bzw. [6] und Abb. 9). An den anderen mitteleuropäischen Stationen dagegen fallen die Maxima von ΔH mit denen der Differenzkurven zusammen. Fu, CF und Gt haben also sicher einen kleinen, die übrigen Stationen einen großen inneren Anteil in ΔH .

Es konnte daher angenommen werden, daß die in Göttingen registrierte H-Komponente das äußere Feld im nordwestdeutschen Raum wiedergibt. Folglich wurde

$$\Delta H_e = \Delta H_{Gt} \quad \text{gesetzt.} \quad (V)$$

-
- 9) Die Beobachtung zeigt zwar die besprochenen *loopings*, doch könnten diese durch Überlagerung des inneren Anteils entstehen (siehe Schlußbemerkung).
- 10) Die Vorstellung gilt auch für mehrere Körper, deren Gegeninduktion zu vernachlässigen ist.
- 11) Bei den anderen Daten ist das Verhältnis vom inneren zum äußeren Anteil so klein, daß alle Registrierungen die Phase des zu erwartenden äußeren Feldes aufweist. Eine Erklärung für dieses Verhältnis wird weiter unten gegeben. (Abb. 12).

Dieses Ergebnis wurde durch eine mathematische Trennung, die Kertz [7] nach einer eigenen "ebenen" Methode für den 5.12.52. durchführte, exakt bestätigt. Wie der Verfasser beschränkte auch er sich auf eine nordsüdliche Vertikalebene, das heißt, die D-Komponente wurde nicht in Rechnung gesetzt.

Diese Einschränkung wurde gemacht, da die geringen Differenzen in ΔD zwischen allen Stationen für einen belanglosen inneren D-Anteil sprechen. Doch wird zum Abschluß noch gezeigt werden, daß auch Gründe für die gegenteilige Annahme bestehen.

Die nach der angegebenen Separation ermittelten inneren Anteile δH und δZ wurden auf gleiches δH_{Wn} bezogen und so in Abb. 11 eingetragen. Wie man sieht, lassen sich die inneren Vektoren gut einem Linienstrom zuordnen, der in 85 km Tiefe von Ost nach West fließt und den man nach Westen noch bis Holland (Wi), nach Osten noch zwischen Berlin und Kopenhagen (Ni-RS) verfolgen kann.

Damit ist jedoch über die örtliche Verteilung der Stromdichte im Untergrund noch nichts gesagt. Die mathematische Unendlichvieldeutigkeit kann nur durch physikalisch-geologische Gesichtspunkte eingeschränkt werden. So würde eine steil einfallende, Ost-West streichende leitfähige Platte nicht nur das beobachtete innere Feld genügend liefern – wobei nach Kertz [7] die Oberkante bis 40 km Tiefe bei ebensogroßer Plattendicke aufragen kann, – sondern das Horizontalfeld würde darin auch derart induzieren, daß bei positivem dH/dt richtig ein Strom von Osten nach Westen längs der Oberkante entsteht.

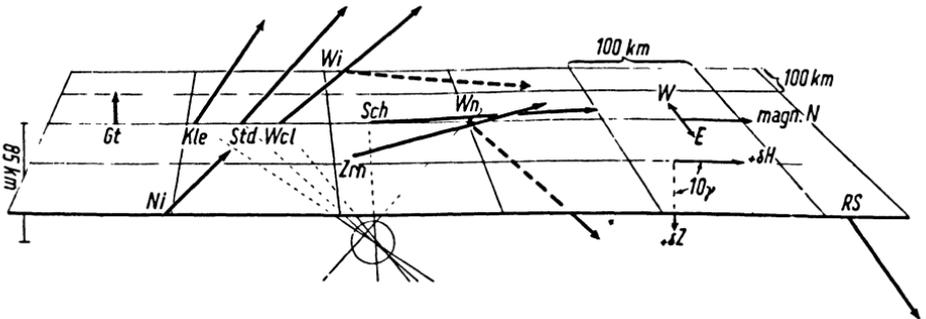


Abb. 11: Der innere Anteil δH und δZ von Baystörungen, aufgetragen über einem Nord-Süd-Profil, zeigt einen Linienstrom im Untergrund an, der vom Osten nach Westen fließt. Die Stationen Wi im Hintergrund und Zernien (Zrn), Ni, RS im Vordergrund der dargestellten Horizontalebene zeigen entsprechende Magnetfeld-Vektoren. Diese sind in relativen Einheiten aufgetragen und wechseln, mit dem Strom, Stärke und Vorzeichen im Verlauf einer Bay. Der angegebene Maßstab des Modells entspricht dem Maximalwert für eine mittlere Störung und einer Stromstärke von 15000 Amp.

Bartels gibt bei einer Diskussion des obigen Ergebnisses in [8] für dieses Modell einen spezifischen Widerstand von $1\Omega\cdot m$ gegenüber dem umgebenden Gestein mit 10^4 bis $10^5\Omega\cdot m$ an.

Die Annahme dieses Modells und Induktionsvorganges gibt schließlich noch die Möglichkeit, den Zusammenhang zwischen Größe und Richtung von $\delta H_e/dt$, Richtung der leitfähigen "Platte" und Größe des inneren Feldes zu betrachten. Für diesen Zweck wurde Abb. 12 angefertigt allein unter der Annahme (V) von Seite 132.

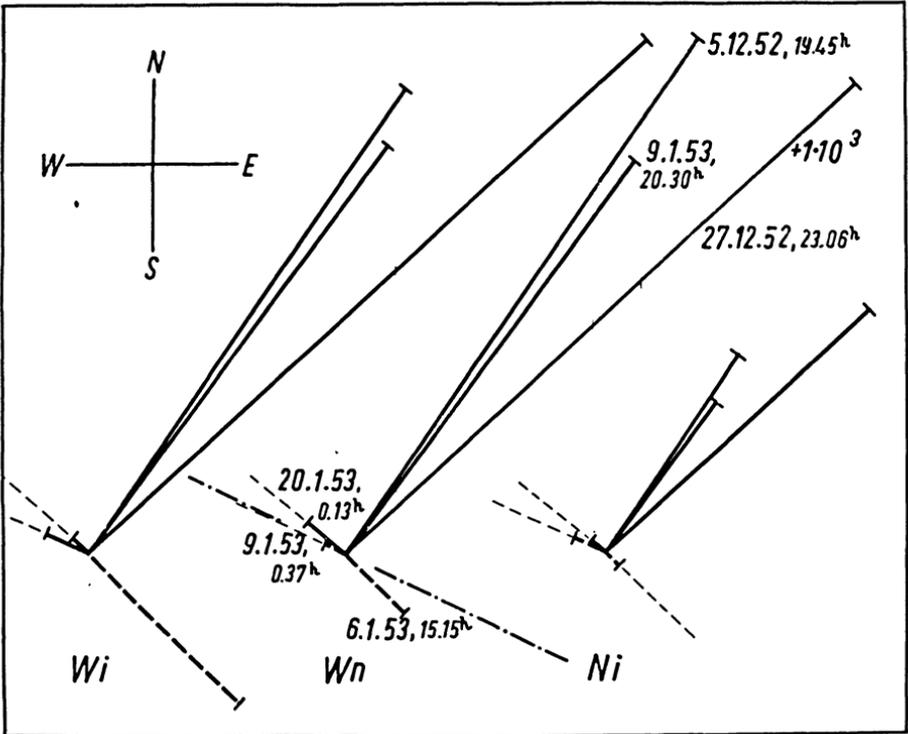


Abb. 12: Das Verhältnis des inneren Anteils δH an den Stationen W_i , W_n und N_i zur Änderungsgeschwindigkeit des äußeren Feldes $\Delta H_e/\Delta t$, aufgetragen in der Richtung von ΔH_e ; positive Werte ausgezogen, negative Werte gestrichelt. Die Figur zeigt, daß ein äußeres Feld nach NE sehr stark induziert (z. B. ist am 27.12.52. in W_n

$\frac{\delta H}{\Delta H_e/\Delta t} = +1 \cdot 10^3 [\text{sec}]$), eines nach WNW dagegen fast gar nicht. Aus diesem

Grunde konnten die Daten vom 9. und 20.1.53. (Reisestationen Unterlüss und Grossenwieden) für die Bestimmung des Induktionsanteils nicht verwendet werden. Diese Beobachtung könnte durch das Modell einer leitfähigen Platte erklärt werden, die die strichpunktierte Richtung (eingetragen bei Wingst) besitzt.

Man ersieht daraus, daß der innere Anteil sein Maximum erreicht, wenn der äußere Horizontalvektor zwischen N-S und NE-SW liegt, dagegen bei der darauf senkrechten Richtung nahezu verschwindet.

Als Erklärung hierfür wäre eine Platte denkbar, die etwa von Bremen nach WSW verläuft. In diesem Falle ist es jedoch nicht möglich, dem Erdstrom von dem Hauptprofil (10°E) nach Westen und Osten so gut weiterzufolgen, wie es bei obiger Interpretation mit verschwindendem δD möglich ist.

Andererseits ist diese Plattenrichtung in Einklang mit dem positiven δD , das sich gegenüber Fürstfeldbruck ergibt sowie mit einer Phasenverschiebung in ΔD zum inneren Anteil hin.

Abschließend kann man sagen, daß die Separation des Baystörungfeldes noch nicht eindeutig gelungen ist. Da die im ersten Abschnitt besprochene Schleifenbildung des Horizontalvektors aber allein durch eine Phasendifferenz zwischen ΔD und ΔH hervorgerufen wird, ist auch zur Klärung dieser Erscheinung – für die *Fukushima* [4] eine relativ schnelle Drehung des äußeren Stromsystems annimmt – eine eindeutige Kenntnis des äußeren Feldes notwendig.

Die Ergebnisse über Tiefe und Ausdehnung der nordwestdeutschen Leitfähigkeitsanomalie werden sich damit ebenfalls etwas ändern. Ihre Existenz dagegen dürfte feststehen und wohl zwischen 30 km und 300 km Tiefe liegen¹²⁾.

Dieses Resultat wurde auch durch die Untersuchungen von *Rikitake* [9] gefestigt, der einen ähnlichen Fall in Japan aufdeckte, nämlich einen magnetischen Dipol in 150 km Tiefe während kurzperiodischer erdmagnetischer Variationen, ohne jedoch etwas über dessen Entstehung aussagen zu können.

Durch beide Ergebnisse kommt man zu der Vermutung, daß sich Leitfähigkeitsanomalien sicher an vielen Stellen der Erde finden lassen werden, an denen bisher nur die Stationsdichte nicht ausreicht, und daß sich mit einem noch engeren Stationsnetz und kurzen Perioden oberflächennähere Anomalien auffinden lassen können.

¹²⁾ Bei kleineren oder größeren Abständen von der Erdoberfläche werden die Forderungen an die Leitfähigkeits- bzw. Stromverteilung zu speziell.

Literatur

- [1] *H.C. Silsbee* and *E.H. Vestine*: Geomagnetic Bays, Their Frequency and Current-Systems. Terr. Mag. atmosphär. Electric. Vol. 47 Nr. 3, 195-208, (1942).
- [2] *L. Steiner*: On an special Form of Magnetic Disturbances Terr. Mag., atmosphär. Electric 26, 1-14 (1921).
- [3] *H. Hatakeyama*: Preliminary Investigation of the Bay-Disturbance in the terrestrial Field. Geophysic. Mag. Tokyo, Vol. XI, Nr. 1 (1937).
- [4] *N. Fukushima*: Polar Magnetic Storms and Geomagnetic Bays. Journal of the Faculty of Science, Tokyo Univ. Section II, Vol. VIII, Part V. oder Geophysical Notes Vol. 5, Nr. 2 (1952).
- [5] *O. Meyer*: Über eine besondere Art von erdmagnetischen Bay-Störungen (psc). Dtsch. Hydrogr. Z., Bd. 4, Heft 1/2, 1951.
- [6] *U. Fleischer*: Ein Erdstrom im tieferen Untergrund Norddeutschlands während erdmagnetischer Baystörungen. Naturwiss. 41, Heft 5, 114 (1954).
- [7] *W. Kertz*: Modelle für erdmagnetisch induzierte elektrische Ströme im Untergrund. Nachr. Akad. d. Wiss., Göttingen. Phys.-Math. Kl. Abt. IIa 1954. Nr. 5, 101.
- [8] *J. Bartels*: Erdmagnetisch erschließbare lokale Inhomogenitäten der elektrischen Leitfähigkeit im Untergrund. Nachr. Akad. d. Wiss., Göttingen, Phys.-Math. Kl. Abt. IIa 1954.
- [9] *T. Rikitake, I. Yokoyama* and *Y. Hishiyama*: The anomalous Behaviour of Geomagnetic Variations of Short Period in Japan and Its Relations to the Subterranean Structure, Bull. Farthquake Res. Inst. Tokyo. 30, 207 (1953); 31, 19, 89, 101, 119 (1953).

Luftelektrische Untersuchungen während der Sonnenfinsternis am 30. Juni 1954.

Von H. Israël und G. Fries †, Aachen¹⁾

(Aus dem Meteorologischen Observatorium Aachen des Deutschen
Wetterdienstes)

Zusammenfassung: Während der Sonnenfinsternis am 30.6.1954 wurden in der Totalitätszone in Schweden und in Aachen Registrierungen des luftelektrischen Potentialgefälles und des Vertikalstromes durchgeführt. Trotz teilweise ungünstiger Witterung ergab sich an beiden Stationen in gleicher Weise ein Einfluß der Sonnenfinsternis in Gestalt einer merklichen Verringerung der Unruhe im Verhalten der beiden Elemente. Es wird versucht, aus einer vergleichenden Zusammenstellung früherer Erfahrungen über das Verhalten der luftelektrischen Elemente bei Sonnenfinsternis trotz teilweise einander widersprechendem Verhalten das Typische der Erscheinung abzuleiten. Es ergibt sich, daß der Grundeffekt in der Verringerung der atmosphärischen Turbulenz während der Einstrahlungsverminderung gesehen werden kann, auf den dann die zur Turbulenz in enger Verbindung stehende Unruhe der luftelektrischen Elemente anspricht. Eine solche Deutung läßt bei Berücksichtigung der von Fall zu Fall verschiedenen meteorologischen Begleitumstände und der verschiedenen Tageszeiten genügenden Spielraum für die quantitative und qualitative Verschiedenheit der Einzelergebnisse.

Abstract: During the eclipse of the sun registrations of the potential gradient and of the air-earth-current were made in the zone of totality in Sweden and in Aachen. Although the weather was not clear, the same effect of the eclipse was found at both places, i.e. the variations of both elements were remarkably diminished by the eclipse. It is tried to explain these effects by comparing earlier experiences although the results are partially contradictory. We can see that the main effect of the eclipse on the atmospheric electrical elements is caused by diminishing of the turbulence in consequence of the decrease of the sun's radiation. With regard to the great variability of the meteorological conditions in the different cases, it seems to be possible to give a general explanation for the effect of the eclipse despite of the fact that the results are different in some cases.

1. Allgemeines

Während der Sonnenfinsternis am 30. Juni 1954 wurde von uns das Verhalten der luftelektrischen Elemente innerhalb und außerhalb der Totalitätszone untersucht. Im Folgenden sollen die Ergebnisse mitgeteilt und im Zusammenhang mit denen früherer Untersuchungen dieser Art besprochen werden.

¹⁾ Prof. Dr. Dr. Hans Israël, Meteorologisches Observatorium Aachen, Aachen, Pipinstr. 12. G. Fries ist am 20. März 1955 bei einer Bergbesteigung in der Schweiz abgestürzt.

Vorgesehen waren gleichzeitige Registrierungen des luftelektrischen Potentialgefälles und des Vertikalstromes in der Totalitätszone im Landhaus Kråkarp bei Lyckås (in der Nähe von Jönköping) – Koordinaten: 57°48' nördl. Breite; 14°16' östl. Länge – wo an einige dort tätige astronomische Expeditionen Anschluß genommen werden konnte²⁾, und am Meteorologischen Observatorium Aachen des Deutschen Wetterdienstes (50°47' N; 6°6' E), wo die Bedeckung maximal etwa 84 % betrug.

Als Meßgerät diente das Gerät zur gleichzeitigen Aufzeichnung von Potentialgefälle und Vertikalstrom "System Buchau" (1). Die für die Station Lyckås als Ergänzungen vorgesehenen Strahlungsmessungen und Ozonbestimmungen konnten der ungünstigen Witterung wegen leider nicht zur Durchführung kommen.

2. Die Wetterlage

Nachdem ein mehrere Tage über Schweden liegendes Tiefdruckgebiet, innerhalb dessen es bei überwiegend starker Bewölkung zu häufigen Schauern kam, im Laufe des 29.6.1954 von einem Zwischenhoch abgelöst worden war, bestand Hoffnung auf günstige Witterungsverhältnisse am Tag der Finsternis. Indes folgte diesem rasch eine neue atlantische Zyklone, deren Warmfront schon in den frühen Morgenstunden des 30.6. Aufgleitbewölkung über Mittelschweden mit sich brachte. – Über Lyckås lag den ganzen Tag über eine geschlossene St-Sc-Wolkendecke; nur kurz nach der Totalität war die Sonne in einer kleinen Lücke für einige Sekunden sichtbar. – Aachen hatte durchbrochene Sc-Bewölkung mit längeren Aufheiterungszonen.

3. Die Meßergebnisse

Abb. 1 zeigt das Ergebnis für die Station Kråkarp/Lyckås. Die Kurven geben den Verlauf von Potentialgefälle und Vertikalstrom in relativem Maß wieder. Der allgemeine Verlauf der beiden Elemente in der fraglichen Zeit ist charakterisiert durch verhältnismäßig langsam verlaufende Schwankungen, die im Laufe der Nacht vom 29. zum 30. an Amplitude gewinnen. Ein Einfluß der Verfinsternung ist nur schwach erkennbar und in einer etwa von der Totalität an beginnenden zeitweiligen Beruhigung der beiden Kurven zu sehen.

²⁾ Die Expedition in der Totalitätszone in Südschweden erfolgte auf Einladung von Herrn Prof. Dr. H. Norinder, Institutet för Högspänningsforskning, Uppsala Universitet. Wir möchten ihm auch an dieser Stelle unsern verbindlichsten Dank dafür aussprechen, daß er uns durch seine Einladung und durch die finanzielle Unterstützung von dem Institutet för Högspänningsforskning die Teilnahme an den Sonnenfinsternisuntersuchungen möglich gemacht hat.

Herrn Prof. Dr. Malmquist, Uppsala, dem Leiter der in Kråkarp und Lyckås tätigen Expeditionen, sowie seinen Mitarbeitern soll für die liebenswürdige und stets hilfsbereite Unterstützung unserer Arbeiten auch hier nochmals unser bester Dank zum Ausdruck gebracht werden.

Abb. 2 gibt das Gleiche für Aachen wieder. Bei unregelmäßiger durchbrochener Bewölkung (vergl. die "Robitzsch"-Registrierungen im linken unteren Teilbild) ist der Charakter der luftelektrischen Registrierungen etwa der gleiche wie in Kråkarp/Lyckås. Auch hier wirkt die Sonnenfinsternis ähnlich wie dort etwa vom Zeitpunkt der Maximalbedeckung an offensichtlich beruhigend auf den Verlauf der beiden Elemente.

Zum Vergleich sind in der Abb. 2a die entsprechenden Registrierungen für den 29. Juni und den 1. Juli 1954 in Aachen wiedergegeben. Am 29. Juni wurde infolge einer technischen Störung nur das Potentialgefälle aufgezeichnet. Die Abbildungen zeigen, daß an beiden Tagen die luftelektrische Unruhe etwa die gleiche ist wie am Tag der Sonnenfinsternis, doch fehlt an beiden Tagen die durch die Sonnenfinsternis bedingte Verminderung der Unruhe.

4. Zur Deutung des Sonnenfinsternis-Effektes

Wie bekannt sind die zeitlichen Variationen des Potentialgefälles und Vertikalstromes aus dem Zusammenwirken der weltweit gleichartigen Einflüsse der Weltgewittertätigkeit und den von Ort, Klima und Wetterlage, abhängigen meteorologischen Einwirkungen zu verstehen. Eine Strahlungsabschattung der Sonne kann also luftelektrisch grundsätzlich auf verschiedenen Wegen wirksam werden, und zwar durch Beeinflussung der Gewitteraktivität als solcher, durch Einflußnahme auf das weltweite atmosphärische Stromsystem oder durch Einwirkung auf das örtlich-meteorologische Geschehen.

Die erstgenannte Möglichkeit kann unbedenklich ausgeschlossen werden, denn eine unmittelbare Wirkung einer kurzzeitigen Einstrahlungsverminderung in einem schmalen Gebietsstreifen auf die Gesamt-Gewittertätigkeit ist kaum denkbar.

Die zweite Möglichkeit würde einschneidende Veränderungen der Leitfähigkeit in den hohen Atmosphärenschichten durch die Strahlungsabschattung voraussetzen, die den vertikalen Feldaufbau in den betroffenen Gebieten völlig umgestalten müßten. Die Änderungen im Ionisationszustand der hohen Atmosphärenschichten sind jedoch nach ionosphärischen Erfahrungen bei Sonnenfinsternis viel zu gering und zu kurzzeitig, um etwas Derartiges bewirken zu können; auch ist das Fehlen ionosphärenbedingter Sonnenauf- und -untergangseffekte auf die luftelektrischen Elemente³⁾ ein klarer Gegenbeweis.

Als letzte und damit einzige Möglichkeit zum Verständnis einer luftelektrischen Sonnenfinsterniswirkung bleibt also nur die der unmittelbaren Be-

³⁾ Der "Sonnenaufgangseffekt" (Feld und Vertikalstromanstieg am Boden), wie er gelegentlich beobachtet wird, ist wetterabhängig, also meteorologischer Natur.

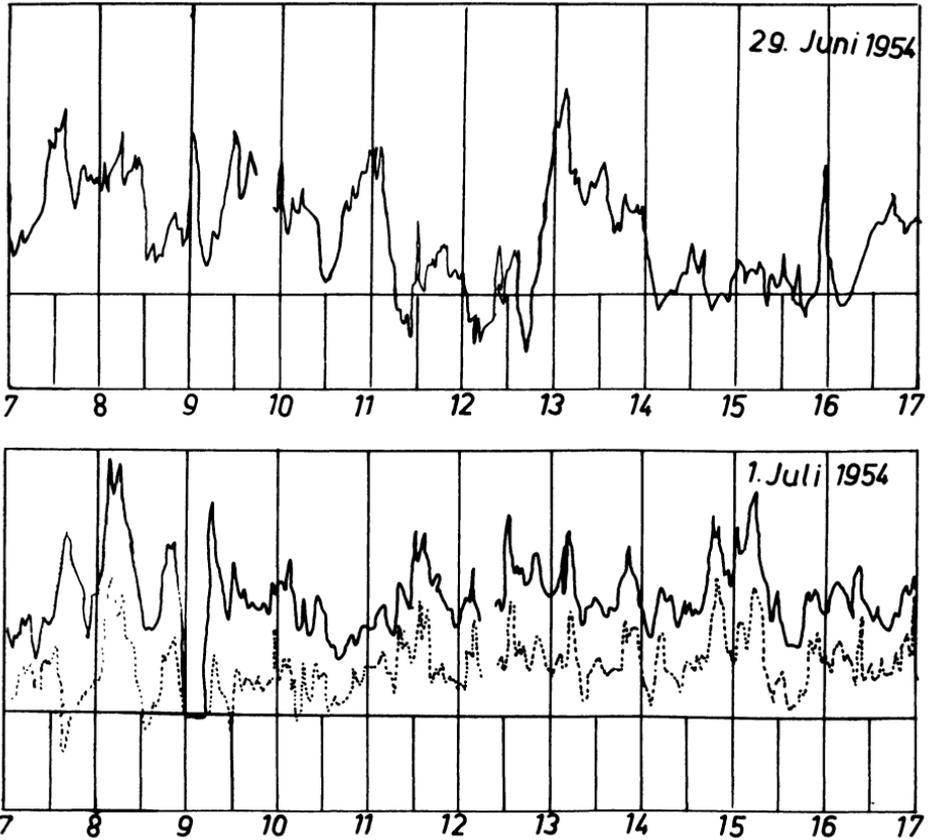


Abb. 2a: Vergleichsregistrierungen des Potentialgefälles (ausgezogene Kurve) und des Vertikalstromes (punktierter Kurve) in Aachen am Tage vor und am Tage nach der Sonnenfinsternis.

einflussung des örtlich-meteorologischen Geschehens und seiner luftelektrischen Wirkungen.

Betrachten wir die bisherigen Erfahrungen, so läßt sich darüber folgendes aussagen (vergl. Tabelle I):

- 1) Am klarsten ist der Effekt beim Potentialgefälle zu erkennen: In 20 von 27 Einzelfällen zeigt sich eine klare Tendenz zur Abnahme desselben während der Sonnenfinsternis. Außerdem wird mehrfach als Charakteristikum die Verminderung der Unruhe erwähnt.
- 2) Bei allen anderen Elementen ist keine eindeutige Reaktion festzustellen: Bei der Leitfähigkeit wie auch beim Vertikalstrom zeigt sich eine Tendenz zur Zunahme nur in 4 von 9 bzw. 3 von 7 Fällen. Die Beweglichkeit der Kleinionen scheint zur Verminderung zu neigen. Ionisierungsstärke und Kondensationskernzahl bleiben unbeeinflusst.
- 3) Die Effekte sind in der Regel nur gering und in ihren Einzelheiten von einem Fall zum anderen merklich verschieden.

Die Uneinheitlichkeit der beobachteten Effekte deutet darauf hin, daß es sich dabei nur um meteorologisch bedingte Wirkungen handeln kann. Das Verhalten von Potentialgefälle, Leitfähigkeit und Vertikalstrom ist, wie z. B. bei *L.A. Bauer*, *H.W. Fisk* und *S.J. Mauchly* (5) betont wird, im großen und ganzen so zu verstehen, daß bei der Sonnenfinsternis offenbar eine Annäherung an nächtliche luftelektrische Verhältnisse stattfindet.

Man hat verschiedentlich versucht, den Mechanismus der beobachteten Reaktionen auf die Finsternis auch im einzelnen zu deuten — vergl. dazu auch die Diskussion von *O.H. Gish* (24) —, doch ist es bei der Verschiedenartigkeit der Einzelercheinungen schwer, eine allgemein befriedigende Lösung zu finden. Vielleicht kann hier der folgende Gedanke etwas weiter helfen:

Bei den in Abb. 1 und 2 wiedergegebenen Registrierungen war als Besonderheit die Beruhigung der Registrierkurven im Verlauf der Finsternis aufgefallen. Auf die gleiche Erscheinung wird bei den Beobachtungen Nr. 4, 10, 11 und 12 hingewiesen; auch läßt der Potentialgefälleverlauf während der Sonnenfinsternis in Paris — Tab. I — das Gleiche erkennen, wie die folgende Abb. 3 zeigt.

Bringt man die "Unruhe" der luftelektrischen Elemente mit der atmosphärischen Turbulenz in Verbindung, wie es nach den allgemeinen Erfahrungen nahe liegt, so besagt das obige Ergebnis, daß während (bzw. infolge!) der Strahlungsabschattung einer Sonnenfinsternis die Turbulenz der Atmosphäre offenbar abnimmt. Ein solcher Deutungsversuch für die Sonnenfinsterniswirkung läßt bei Berücksichtigung der von Fall zu Fall verschiedenen meteorologischen Begleitumstände und der verschiedenen Tageszeiten genügenden Spielraum für den verschiedenartigen Ablauf der Einzeleffekte, ja sogar für die aus dem Rahmen fallenden Ausnahmen.

Daß sich der bei Tag und Nacht verschiedene Turbulenzcharakter luftelektrisch manifestiert, mag an der folgenden besonders eindrucksvollen Abbildung eines Feldverlaufes bei Tag und Nacht demonstriert werden. Die Abb. 4 ist der Arbeit von *C. Nordmann* (1a) entnommen und zeigt den Verlauf des Potentialgefälles in Philippeville an einem "luftelektrisch ungestörten Tag".

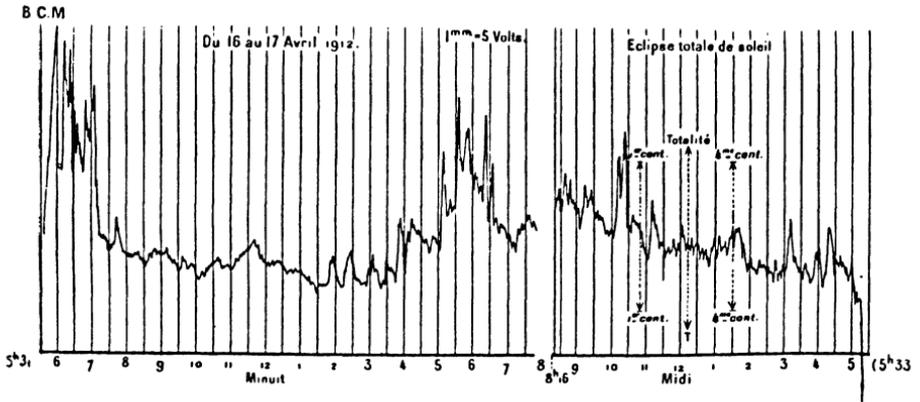


Abb. 3: Verlauf des luftelektrischen Potentialgefältes von 16.4.1912 nachmittags bis zum 17.4.1912 nachmittags in Paris. Totale Sonnenfinsternis am 17.4.1912 während der Mittagsstunden. Wetterlage: klarer Himmel, erst nach Ende der Sonnenfinsternis leichte Bewölkung aufkommend, kein Niederschlag.

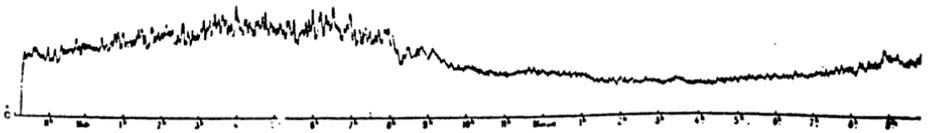


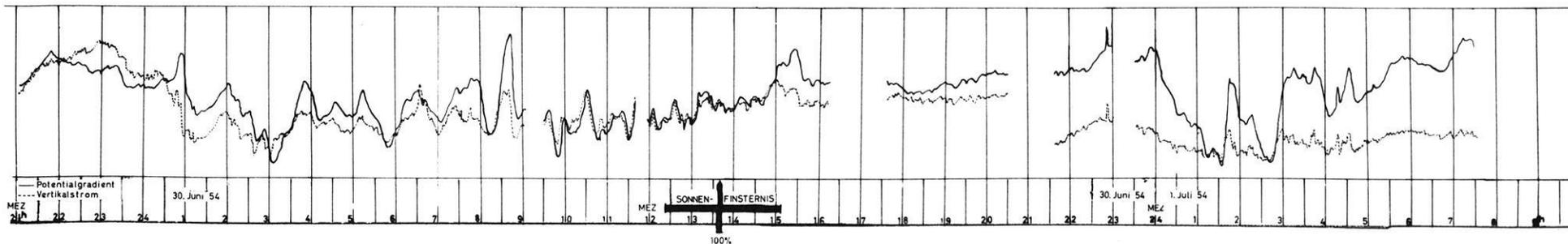
Abb. 4: Tagesgang des luftelektrischen Feldes in Philippeville (Küste) vom 13. August 1905 vormittags bis zum 14. August 1905 vormittags.

Eine Prüfung dieser Vorstellung könnte u. a. durch luftelektrische Messungen bei Sonnenfinsternis auf hoher See gewonnen werden. Ist, wie oben angenommen, die atmosphärische Vertikalturbulenz das Bindeglied zwischen Strahlungsveränderung und luftelektrischer Reaktion, so muß erwartet werden, daß sich über dem freien Ozean kein Sonnenfinsterniseffekt zeigt.

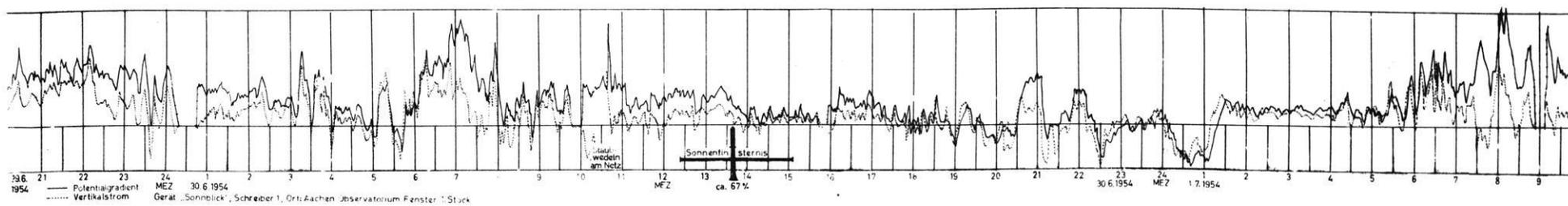
Literatur

- (1) *H.W. Kasemir*. An apparatus for simultaneous registrations of potential-gradient and air-earth current. Journ. Atm. Terr. Physics 2, 32-37, 1951.
- (2) *R. Ludwig*. Über die während der totalen Sonnenfinsternis am 22. Januar 1898 ausgeführten Messungen der atmosphärischen Elektrizität. Wien, Ber. (IIa) 108, 436 ff., 1899. (Referat s. Beiblätter zu Poggendorfs Annalen der Physik 23, 857, 1899)
- (3) *J. Elster*. Lufterlektrische Messungen während der totalen Sonnenfinsternis zu Algier am 28.5.1900. Phys. Zeitschr. 2, 66-67, 1900/01.
- (3a) *J. Elster* und *H. Geitel*. Met. Zeitschr. 5, 27 ff., 1888.
- (4) *C. Nordmann*. Diverses recherches relatives au magnetisme terrestre à l'ionization atmosphérique et au champ électrique de la terre effectuées notamment à l'occasion de l'éclipse de soleil totale du 30 août 1905. Annales du Bureau des Longitudes 8, D3-D60, Paris 1911.
- (5) *J. Elster*, *H. Geitel* und *F. Harms*. Lufterlektrische und photometrische Beobachtungen während der totalen Sonnenfinsternis vom 30. August 1905 in La Palma (Mallorka). Terr. Magn. 11, 1-44, 1906.
- (6) *G. le Cadet*. Mesures de l'intensité du champ électrique terrestre et de l'ionisation de l'atmosphère pendant l'éclipse totale de Soleil du 30. août 1905. Compt. Rend. 141, 925-928, 1905.
- (7) *B. Chauveau*. Electricité atmosphérique. Band I, S. 163-165, Paris 1922. S. auch Compt. Rend. 154, 1652 ff. 1912.
- (8) *W. Knoche* und *J. Laub*. Meteorologische und lufterlektrische Messungen während der totalen Sonnenfinsternis am 12. Oktober 1912 auf der Fazenda Boa Vista bei Christina (Provinz Minas Geraes - Brasilien). Terr. Magn. 21, 177-104, 1916.
- (9) *E. Ramstedt*. Résultats de l'enregistrement du champ électrique terrestre à Strömsund, Ävike, Haparanda et Fiskebäckskil. L'éclipse totale de soleil des 20-21 août 1914. Kungl. Svenska Vetenskapsakademien V-ième Partie Nr. 2, Stockholm 1919.
E. Ramstedt. Observations de l'électricité atmosphérique à Strömsund. L'éclipse totale de soleil des 20-21 août 1914. Kungl. Svenska Vetenskapsakademien V-ième Partie, Nr. 1, Stockholm 1919.
- (10) *H. Norinder*. Résultats de l'enregistrement du champ électrique terrestre à Upsala: L'éclipse totale de soleil des 20-21 août 1914. Kungl. Svenska Vetenskapsakademien V-ième Partie, Nr. 5, Stockholm 1920.
- (11) *L.A. Bauer*, *H.W. Fisk* and *J.S. Mauchly*. Results of magnetic and electric observations made during the total eclipse of June 18, 1918. Part III: Atmospheric electric observations. Terr. Magn. 24, 87-98. 1919.
- (12) *S.J. Mauchly* and *A. Thomson*. Results of atmospheric electric observations made at Sobral, Brazil, during the total solar eclipse of May 29, 1919. Terr. Magn. 25, 41-48, 1920.
- (13) *J. Rouch*. Observations du champ électrique de l'atmosphère pendant l'éclipse de Soleil du 8 avril 1921. Compt. Rend. 172, 925-927, 1921.
- (14) *H.F. Johnston*. Atmospheric electric observations during the total solar eclipse of September 10, 1923. Terr. Magn. 29, 13-22, 1924.

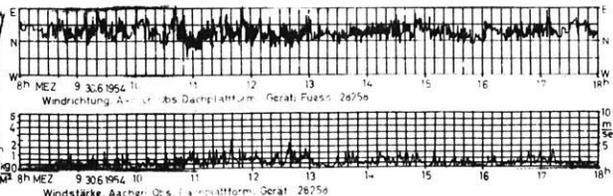
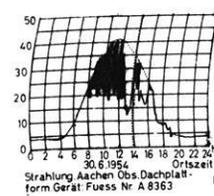
- (15) *J.P. Ault, J.S. Mauchly, and R.H. Goddard.* Report on magnetic and electric observation by the Carnegie-Institution of Washington in connection with the total eclipse of January 24, 1925. *Terr. Magn.* 30, 125-146, 1925.
- (16) *P.J. Nolan and C. O'Brolchain.* Observations on atmospheric electric conductivity in connection with the solar eclipse of 29th June, 1927. *Proc. Royal Irish Acad. (A 1)* 33, 1-17, 1928.
- (17) *M.W. Jones and A.A. Giesecke.* Atmospheric-electric observations at Huankayo, Peru, during the solar eclipse, January 25, 1944. *Terr. Magn.* 49, 119-122, 1944.
- (18) *E. Sucksdorf.* Atmospheric-electric potential-gradient in Kokkola, Finland, during the solar eclipse of July 9, 1945. *Terr. Magn.* 51, 171-176, 1946.
- (19) *A. Dauvillier.* Observations du champ électrique atmosphérique à Khartoum durant l'éclipse totale de soleil du février 25, 1952. *Compt. Rend.* 235, 852-854, 1952.
- (20) *J. Rouch.* Observations du champ électrique de l'atmosphère pendant l'éclipse de Soleil du 28 avril 1949. *Comp. Rend.* 228, 1647-1649, 1949.
- (21) *W. Schüepp.* (Nach freundlicher brieflicher Mitteilung)
- (22) *L. Königsfeld.* Investigation of the potential gradient at the earth ground surface and within the free atmosphere. in: *H.R. Byers* Thunderstorm electricity, Chicago 1953, S. 24-45.
- (23) *J. Rouch.* Observations du champ électrique de l'atmosphère, faites à Monaco pendant l'éclipse partielle du Soleil du 20 Juin 1954. *Compt. Rend.* 239, 456-466, 1954. (Druckfehler? 30.6.1)
- (24) *O.H. Gish.* Discussion of "Atmospheric-electric observations at Huankayo, Peru, during the solar eclipse, January 25, 1944". *Terr. Magn.* 49, 123-124, 1944.



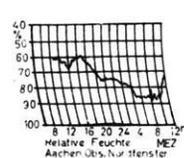
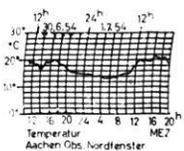
Die Sonnenfinsternis am 30. Juni 1954 in Lyckås (Schweden).
Lichtpause des Registrierstreifens.



Die Sonnenfinsternis am 30. Juni 1954 in Aachen.
Pausen der Registrierungen.



Luftdruck (am gleichen Ort) fast konstant: 747 mm, leicht sinkend



Nr. Ort	Datum	Tageszeit der Totalität bzw. Max.-Bedeckung	Autor	Verhalten der luftelektrischen Elemente:		Bemerkungen
				Potentialgefälle	Leitfähigkeit	
1 Sgindien)	22.1.1898		R Ludwig (2)	Deutliche Abnahme während und nach der Totalität mit darauffolgender Zunahme zum normalen Wert.	-	
2 Algier	36° 40' N 3° 0' E	28.5.1900	J. Elster (3)	Starker Rückgang unmittelbar nach Totalität; dann Anstieg auf alte Höhe, etwa bei Ende der Bedeckung.	-	Hinweis auf ähnliche Erfahrung bei der totalen Finsternis im August 1887 (3a)
3 Philippeville (Algierien)	36° 52' N 4° 34' E	30.8.1905	C. Nordmann (4)	Während der ganzen Finsternis erhöht; höchster Wert etwa 40 Min. nach Totalität.	(n ⁺ beobachtet) Abnahme, beginnend $\frac{1}{4}$ Std. nach erstem Kontakt Minimum etwa 40 Min. nach Totalität. Verhalten von n entsprechend.	Witterung günstig.
4 La Palma	39° 36' N 2° 40' E	30.8.1905	J. Elster, H. Geitel und F. Harma (5)	Plasche Abnahme unmittelbar nach Totalität; dann allmählicher Wiederanstieg. Merkwürdige Verringerung der "Unruhe".	Messungen der Elektrizitätszerstreuung, Zahl und Beweglichkeit der Kleinionen deuten auf Verminderung der Ionenbeweglichkeit im Schattenbereich hin.	Witterung: Wechselnd bewölkt. Abnahme der Ionenbeweglichkeit infolge anstiegender relativer Feuchtigkeit im Schattenbereich?
5 Tortosa	40° 48' N 0° 37' E	30.8.1905	G. le Cadet (6)	Große Schwankungen während der ganzen Zeit.	Abnahme während erster, Zunahme während	Wetter: Sc- und Fc-Bewölkung wechselnder Lüft-

6	Paris 48°51'N 2°21'E	17.4.1912	12% (total)	B. Chauveau (7)	"Keine Reaktion" nach Kurvenver- lauf (s. Abb.); Verkleinerung der Umrufe während der Finsternis und Tendenz zur Erntedrigung.	zweiter Hälfte der Finsternis.- Schwankende Werte der Ionen- zahl und Bewe- glichkeit.	—	Ähnliches Verhaltenwie Leitfähigkeit.	figkeit und Aus- dehnung. Bewe- glichkeitsabnahme infolge Zunahme der relativen Feuchtigkeit? Wetter: wolken- los.
7	Facenda Boa Vista (Brasilien) 22°14'S 45°15'W	10.10.1912	10% (total)	W. Knochle und J. Laub (8)	Keine eindeutige Reaktion.	Depression wäh- rend der Finster- nis. Verhalten der Ionenzahl und Bewe- glichkeit unklar.	—	Wetter: Völlig bewölker Himmel mit Dauernieder- schlag.	
8	Strömsund 69°57'N 15°40'E	21.8.1914	13% (total)	E. Ramstedt (9)	Abnahme zu Mi- nimum ca 20 min nach Totalität, dann Anstieg zu Maximum kurz vor letztem Kontakt.	—	—	Witterung gün- stig.	
8a	Åvike	21.8.1914	13% (total)	E. Ramstedt (9)	Minimum vor der Totalität; dann ra- scher Anstieg zu Maximum kurz nach Totalität.	—	—	Wetter: Bewöl- kungsaufzug wäh- rend der Finster- nis.	
8b	Haparanda 65°53'N 23°53'E	21.8.1914	13% (partial 93%)	E. Ramstedt (9)	Verhalten wie im vorhergehenden Fall.	—	—	Wetter: Gc-Bewöl- kung, gegen Ende der Finsternis St.	
8c	Fiskebäckskil	21.8.1914	13% (partial 90%)	E. Ramstedt (9)	Verhalten gleich- artig mit dem in Strömsund.	—	—	Wetter: Nach Erdbehbel aufkla- rend. Klares Wetter mit Cu und Ci.	
9	Uppsala 59°52'N 17°40'E	21.8.1914	13% (partial)	H. Norinder(10)	Abnahme bis etwa zur Maximalbede- ckung, dann wieder Zunahme.	—	—	Witterung gün- stig.	

10	Lakin (Kansas)	8.6.1918	16% (total)	L.A. Bauer, H. W. Fiek and S. J. Mauchly (11)	Etwas 20% Verminderung nach Totalität für ca 20 min; Verlaufs während Finsternis wesentlich ruhiger als vorher und nachher.	Etwas 20% Erhöhung kurz vor Totalität, für ca 30 min anhaltend.	(berechnet): Anstieg für ca 10 min vor Totalität; Rückgang für ca 10 min nach Totalität.	n ⁺ -Verhalten mit dem von λ ⁺ übereinstimmend. In geschlossenem Gefäß unbeeinflusst.	
11	Sobral (Brasilien)	40°21'W 3°41'S	21.5.1919	9 ^h mittl. Ortszeit (total)	J.S. Mauchly and A. Thomson (12)	Klares Minimum von Totalität bis 20 min danach. Unruhe in dieser Zeit viel geringer als vorher und nachher.	Zunahme um ca 20% direkt nach Totalität für ca 15 min.	(berechnet): Verhalten während und nach Totalität wesentlich ruhiger als vorher und nachher.	Wetter: Bewölkung bis 15 min vor Totalität, dann klar.
12	Brest	48°26'N 4°27'W	8.4.1921	9% (partiell)	J. Rosch (13)	Starker Rückgang nach Maximalbedeckung. Deutliche Verminderung der Unruhe.		-	Wetter: Klar.
13	San Diego (Kalifornien)	32°40'N 117°15'W	10.9.1923	13 ^h 120°-W. Time (total)	H.F. Johnston (14)	Von Totalität an für ca ¼ Std. um etwa 15% verringert.	Von Totalität an für ca 10 min um etwa 10% erhöht, dann verkleinert bis Ende der Finsternis	(berechnet): Von Totalität an für etwa 10 min um rd. 10% erhöht, dann verringert bis Ende.	Wetter: Geschlossene Wolkendecke ("overcast with fog"), Obergrenze etwa 5000 m. — Nach Totalität Temperatur für etwa 20 min ca 0,8° C tiefer.
14	Long Island Greenport	41°06'N 42°22'W	24.1.1925	9% mittl. Ortszeit (total)	J.P. Aab, S.J. Mauchly and R. H. Goddard (15)	Allgemein unruhiges Verhalten; Zunahme kurz vor Totalität um rd. 10% verringert, dann wieder der Zunahme und wieder starke Abnahme.	Geringe Reaktion: Schwache Zunahme kurz vor, Abnahme nach Totalität. Geringe Abnahme zur Zeit der Totalität, dann starke Zunahme.	(berechnet): Etwas 10% Zunahme für ca 30 min unmittelbar nach Totalität.	Wetter: Kaltes Frostwetter (-5 - -20° C) mit Schnee lage.

15	Llysfaen (Irland)	53°17' N 3°40' W	29.6.1927	6½ (total) (engl. Sommer- zeit)	P. J. Nolan and C. O'Brocheain (16)	Kein Effekt	Kein Effekt	—	Wetter: Bedeckt mit Dauerregen. Auch bei Kern- zahl kein Effekt.
16	Huankayo (Peru)	12°03' S 75°20' W	25.1.1944	9¼ 75°-W. Time (par- tiell 88%)	M. W. Jones and A. A. Giesecke (17)	Uneinheitlich; Tendenz: Zur To- talität hin abneh- mend, dann wieder auf "Normalwert" ansteigend.	Zunahme bis kurz nach Be- deckungsmaxi- mum, dann wie- der abnehmend.	(berechnet): Uneinheitlich Im ganzen Wert- bereich während der Sonnenfinsternis erhöht.	Kondensations- kennzahl: Bei z.T. erheblichen Schwan- kungen Abnahme bis kurz vor Ende der S. Finsternis, dann rasche Zu- nahme.
17	Kokkola (Finnland)	63°51' N 23°10' E	9.7.1945	16 ^h Osteurop. Zeit (total)	E. Suckdorf (18)	Starker Rückgang auf etwa 50% des Normalwertes 2 Std. vor erstem Kontakt, Minimum während Totalität, dann langsamer Anstieg.	—	—	Witterung: Wol- kenlos
18	Gods Lake (Hudsonbay)	54°40' N 94°42' W	9.7.1945	ca 6 ^h Vorm.	nach A. Dau- villier (19)	Starke Zunahme während der Fin- sternis (von -150 auf +75 V/m), dann Rückkehr zum Ausgangswert	—	—	Angaben nach A. Dauvillier (11)
19	Monaco	43°45' N 7°22' E	28.4.1949	8 (partiell)	J. Rouch (20)	Während der gar- zen Dauer der Fin- sternis stark er- höht mit großen Schwankungen.	—	—	Wetter: Gi und Cs- Bewölkung.
20	Khartum (Sudan)	15°36' N 32°33' E	25.2.1952	11¼ mittl. Orts- zeit (total)	A. Dauvillier (19)	"Kein Effekt". Wert nach Störung durch Sandtreiben bis zur Totalität auf "Normalwert" absinkend und dann konstant bleibend.	—	—	Wetter: Wolkenlos; stark windig, zeit- weilig Sandstür- men.

21	Leopoldville (Belgisch - Kongo) 15°19'E 4°20'S	25.2.1952	9½ mittl. Ortszeit (partiell)	W. Schnepp (21)	Rückgang während der Verfinsternung; Erholung zum Ende hin.	-	Starke Zunahme bis kurz vor Maximalbedeckung; dann langsames Abklingen der Erhöhung.	Wetter: "Normaler Schönwettertag".
22	Libenge (Belgisch - Kongo) 3°38'N	25.2.1952	9½ mittl. Ortszeit (partiell, 98%)	L. Königsfeld (22)	Zweimaliger starker Abfall und Übergang zu negativen Werten im Verlauf der Finsternis.	-	-	Wetter: Klar und wolkenlos.
23	Monaco 43°45'N 7°22'E	20. (?) 30.6.1954	14 (partiell)	J. Rouch (23)	Starker Rückgang bei Beginn der Bedeckung; Rückkehr zu normalen Werten bei Maximalphase, dann Zunahme und Rückkehr zu Normalwerten bei Fnde.	-	-	Wetter günstig; Wolkenlos, leichter Wind.
<p>Vorherrschendes Verhalten der luftelektr. Elemente bei Sonnenfinsternis:</p>								
<p>Von 27 Einzelfällen zeigen:</p>					<p>Von 9 Einzelfällen zeigen:</p>			
<p>20 Tendenz zur Abnahme</p>					<p>4 Tendenz zur Zunahme</p>			
<p>4 keinen Effekt</p>					<p>2 keinen Effekt</p>			
<p>3 Tendenz zur Zunahme.</p>					<p>3 Tendenz zur Abnahme</p>			
<p>Mehrfach wird als Charakteristikum "Verringerung der Unruhe" erwähnt.</p>					<p>In einem Fall wird "Beruhigung" des Verlaufes erwähnt.</p>			
<p>Gelgentliche Beobachtungen anderer Elemente:</p>					<p>Ionisierungsstärke unbeeinflußt.</p>			
<p>Kondensationskernzahl unbeeinflußt.</p>					<p>Kleinionenbeweglichkeit nach mehrfacher Beobachtung abnehmend.</p>			
<p>Ionenverhalten allgemein: Unklar und widerspruchsvoll.</p>					<p>-</p>			

Anwendungsmöglichkeiten transversaler Wellen in der Untertage - Seismik¹⁾

Von Helmut Linsser, Hannover²⁾

Zusammenfassung: Bei seismischen Arbeiten untertage treten neben Longitudinalwellen meist auch Transversalwellen auf, wie durch Untersuchung der Schwingungsrichtung nachgewiesen werden kann. Die Erzeugung dieser Wellen kann durch geeignete Anlage des Schußpunktes begünstigt werden.

Eine starke tektonische Beanspruchung des Gebirges ist mit einer Erhöhung der *Poissonschen* Zahl verbunden. An besonders ausgeprägten Störungszonen kann eine Reflexion von Transversalwellen beobachtet werden.

Abstract: When carrying out seismic measurements in mines transverse waves occur besides longitudinal waves. This can be verified by observing the direction of oscillation. The generation of these waves can be favoured by the arrangement of the shot point.

A thorough modification of the rock by tectonics results in a raising of *Poisson's* ratio. At especially thick faults the reflection of transverse waves can be recognized.

In der angewandten Seismik werden fast ausschließlich *longitudinale* Wellen beobachtet. Nachstehend sollen einige Fälle behandelt werden, in denen auch *transversale* Wellen registriert werden. Sie können in gewissen Fällen bei der Auswertung der seismischen Messungen berücksichtigt werden.

1. Nachweis

Bei der Ausbreitung von Transversalwellen wird bekanntlich das Medium, in dem sich die Wellen fortpflanzen, auf Scherung beansprucht. Man wird deshalb nur in einem scherungsfesten Gebirge diese Wellenart beobachten können. Es ist ersichtlich, daß hierzu besonders gute Voraussetzungen gegeben sind, wenn Schußpunkt und Seismographenaufstellung im anstehenden Gebirge angelegt werden. Beim Arbeiten untertage wird man die besten Ergebnisse erwarten dürfen.

Bei den reflexionsseismischen Messungen, die von der Seismos G.m.b.H. Hannover in den Spateisensteingruben des Siegerlandes in den letzten Jahren ausgeführt wurden, waren diese Bedingungen erfüllt. Die Transversalwelle tritt hier in den meisten Seismogrammen sichtbar hervor. In dem einzelnen

¹⁾ Vortrag, gehalten auf der Tagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft am 29.8. 1952 in Hamburg

²⁾ Dr. Helmut Linsser, Seismos G.m.b.H., Hannover, Wilhelm-Busch-Str. 4

Seismogramm sieht man zunächst einen ersten Einsatz, der von einer Welle hervorgerufen wird, deren Laufzeitkurve auf eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit von etwa 5000 m/sec führt. Dieser erste Einsatz wird durch die Longitudinalwelle erzeugt. Nachdem dieser Einsatz abgeklungen ist, tritt eine zweite Amplitudenzunahme in Erscheinung, die an Energie den ersten Einsatz merklich übertrifft. Da die Verbindungslinie dieser zweiten Einsätze – geradlinig verlängert – ebenfalls durch den Nullpunkt der Laufzeitkurve läuft, handelt es sich bei ihnen um eine besondere Wellenart mit der Geschwindigkeit ≈ 3000 m/sec; die Geschwindigkeiten der beiden Wellen verhalten sich wie $\sqrt{2,8}$ (statt des für Longitudinal- und Transversalwellen meist angenommenen Wertes von $\sqrt{3,0}$). So ist es naheliegend, diese zweite Welle als Transversalwelle anzusprechen.

Der transversale Charakter der Wellen ist leicht nachzuweisen. Man benutzt Seismographen, die in einer Schwingungsrichtung bevorzugt ansprechen und läßt aus verschiedenen Richtungen seismische Wellen auf diese Seismographen einwirken. Untertage kann man die Messungen so anordnen, daß die Wellen einmal in vertikaler und einmal in horizontaler Richtung die Seismographenaufstellung treffen. Ein Beispiel hierfür geht aus Abb. 1 hervor, in der

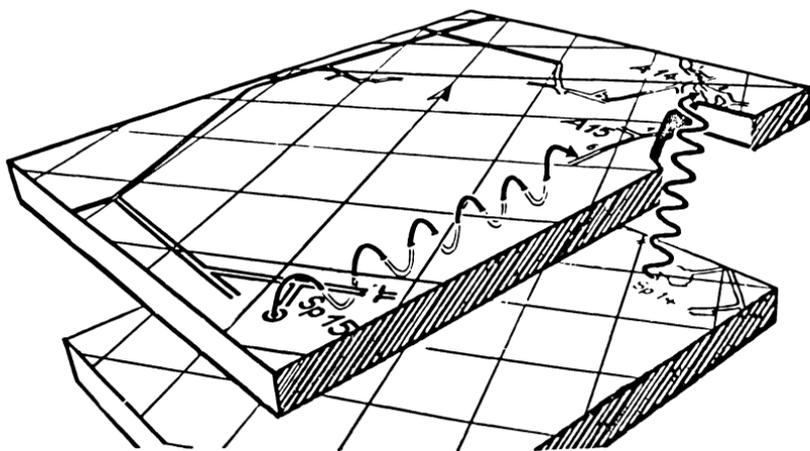


Abb. 1: Nachweis des transversalen Charakters der Wellen
Siegerland 1952, Grube Füsseberg, 486 m – und 573 m – Sohle
Sp... Schußpunkt, A... Seismographenaufstellung

in perspektivischer Darstellung zwei übereinanderliegende Sohlen gezeigt werden. In der rechten Ecke der oberen Sohle sind die Seismographen aufgestellt. Der Schußpunkt lag einmal auf der tieferen Sohle (Schußpunkt 14), ein anderes Mal auf der gleichen Sohle (Schußpunkt 15). Es wurden – wie bei allen hier gezeigten Seismogrammen – Vertikalseismographen verwendet. Wenn es sich bei dem zweiten Einsatz tatsächlich um eine Transversalwelle handelt, dann wird sie bei Schußpunkt 14 von unten kommend

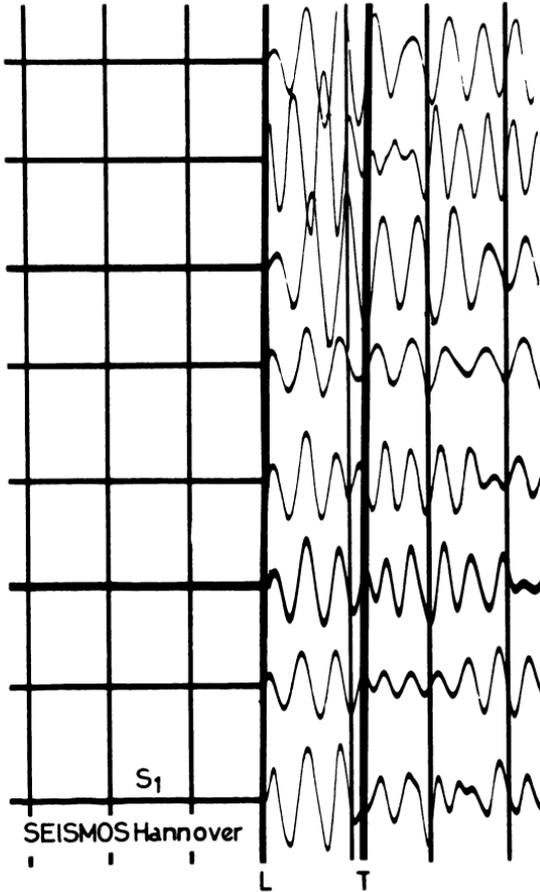


Abb. 2: Siegerland 1952, Grube: Füsseberg

Schußpunkt: 14, Datum: 4.2.52, Zeit: 19.00. L... Einsatz der direkten longitudinalen Welle; T... Einsatz der direkten transversalen Welle; S₁... Seismograph 1.

keinen deutlichen Einsatz liefern können. Hingegen wird bei Schußpunkt 15 die eine Komponente voll zur Wirkung gelangen. Die Seismogramme zeigen Abb. 2 und Abb. 3. In Abb. 2 ist die Stelle gekennzeichnet, an der die Transversalwelle zu erwarten ist.

hier, wo Schwingungsrichtung des Seismographen und Fortpflanzungsrichtung der seismischen Wellen zusammenfallen, wird man wohl kaum einen Einsatz erkennen können. Anders in Abb. 3 Hier steht die Schwingungsrichtung des Seismographen senkrecht auf der Fortpflanzungsrichtung. Der Einsatz der zweiten Welle beträgt ein Vielfaches des Einsatzes der longitudinalen



Abb. 3: Siegerland 1952, Grube: Füsseberg
 Schußpunkt: 15, Datum: 7.2.52, Zeit: 15.00

len Welle! Die Vermutung, daß es sich um eine Transversalwelle handelt, ist hiermit bestätigt.

2. Erzeugung von Transversalwellen

Bevor man Anwendungsmöglichkeiten transversaler Wellen untersucht, wird man sich überlegen, wie man die Transversalwellen in möglichst reiner Form erzeugen kann. In der schematischen Darstellung der Abb. 4 sieht man bei der Longitudinalwelle (links) eine Verdichtung mit einer nachfolgenden Verdünnung, die durch Punkte dargestellt ist. Diese Verdichtung und Verdünnung fehlt bei der Transversalwelle (rechts). Statt dessen stellt man eine Verdrehung der eingezeichneten Pfeile fest. Sie sollen die seitliche Verschiebung der einzelnen Teile gegeneinander zum Ausdruck bringen.

Die Erzeugung von Wellen ist in Abb. 5 schematisch dargestellt. Verdichtung und Verdrehung wurden in gleicher Weise wie in der vorigen Abbildung veranschaulicht. Links ist ein Schußpunkt in einem homogenen Medium angedeutet. Durch die Explosion wird eine Verdichtung erreicht, die Pfeilchen werden aber nicht gedreht. Im Idealfall würde man also nur Longitudinalwel-

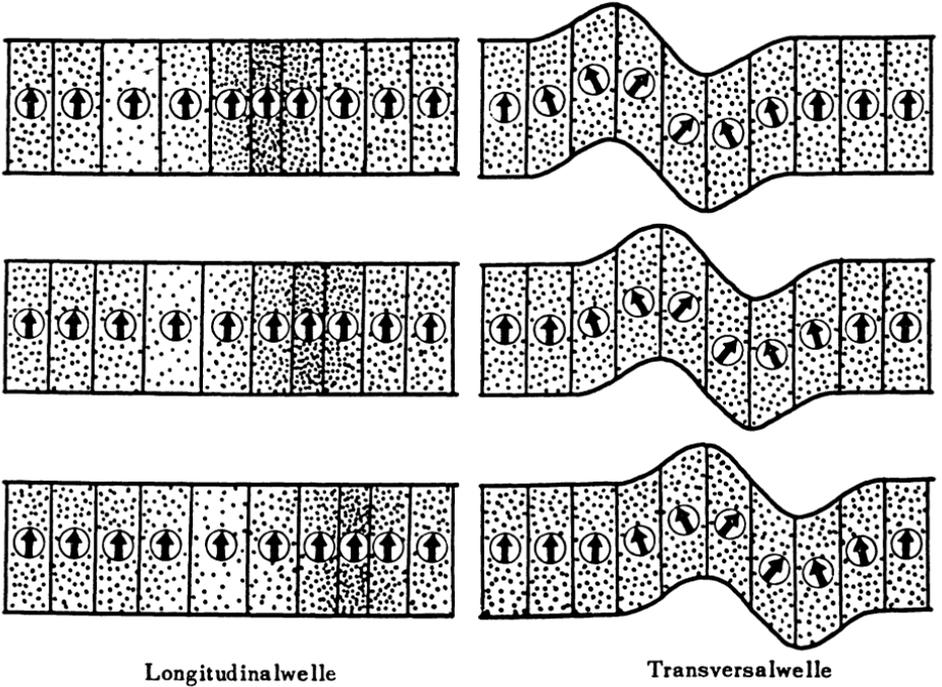
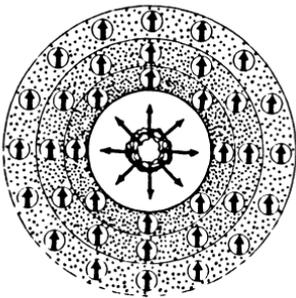
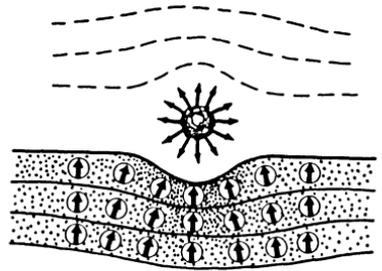


Abb. 4: Schematische Darstellung von Longitudinal- und Transversalwelle



Bevorzugte Erzeugung von Longitudinalwellen



Bevorzugte Erzeugung von Transversalwellen

Abb. 5: Erzeugung von Longitudinal- und Transversalwellen

len erzeugen. In der rechten Abbildung findet eine Explosion an einer Grenzfläche statt. In diesem Fall wird man zwar auch eine Verdichtung feststellen können, gleichzeitig werden aber die Pfeilchen verdreht: die Möglichkeiten für eine Erzeugung von Transversalwellen sind günstiger als auf dem linken Bild.

Als Widerlager für die Sprenggase über dem Sprengpunkt kann jedes Material dienen, welches keine Scherfestigkeit besitzt, also z.B. Letten in einer Kluft. Den gleichen Erfolg erzielt man, wenn man den Schuß einfach in die Strecke legt. Als Widerlager nach oben dient dann Wasser oder Luft, also Medien ohne Scherfestigkeit. Mitunter gelingt es, die Longitudinalwelle durch eine derartige Anlage des Schußpunktes fast ganz zu unterdrücken, wie in Abb. 6 zu sehen ist. Der Einsatz der Longitudinalwelle ist markiert, man wird ihn jedoch in den Spuren der Seismographen kaum erkennen können. Die Transversalwelle hingegen ist gut ausgebildet. Einen ähnlichen Effekt hat man zu erwarten, wenn man die seismischen Wellen nicht durch eine Explosion erzeugt, sondern das Gebirge mittels eines Fallgewichts anregt. Ein Beispiel hierfür zeigt Abb. 7.

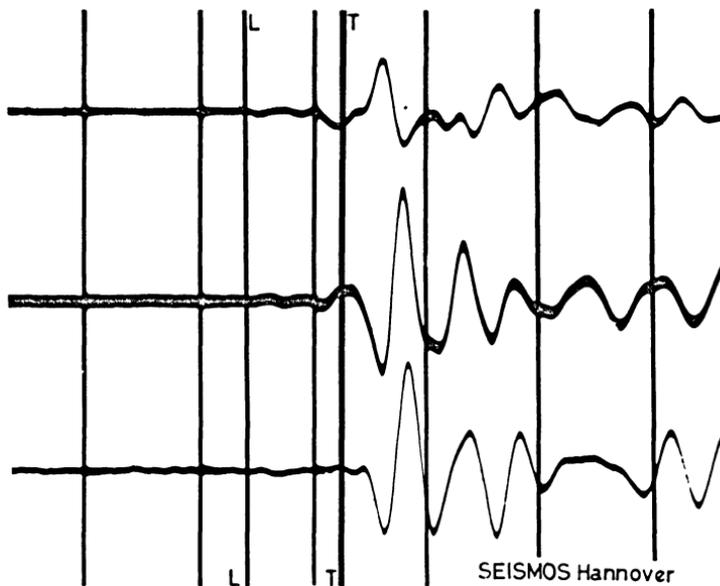


Abb. 6: Siegerland 1952, Grube: Füsseberg
Schußpunkt: 19, Datum: 12.2.52, Zeit: 20.30

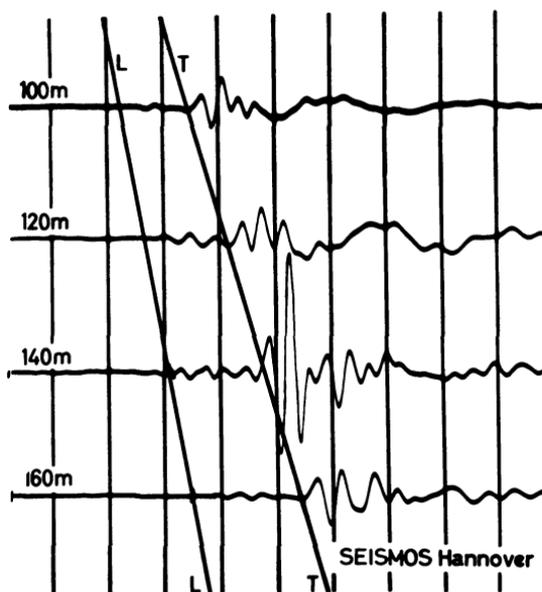


Abb. 7: Siegerland 1951, Grube: Ameise 12. Sohle
 Schußpunkt: 44, Datum: 18.1.51, Zeit: 11.25, Fall, Fallgewicht 970 kg,
 1,05 m Fallhöhe

3. Ermittlung der Poissonschen Zahl.

Nachdem es gelungen ist, recht energiereiche Transversalwellen zu erzeugen, ist es möglich, ihre Geschwindigkeit aus guten Einsätzen bei größerem Schußpunktabstand hinreichend genau zu bestimmen. Aus den Geschwindigkeiten von Longitudinal- und Transversalwelle kann die *Poissonsche Zahl*, die ein Maß für die mechanische Beanspruchung des Gebirges darstellt (siehe Abb. 8), berechnet werden. Im mittleren Drittel der Strecke ist das Gebirge durch eine große Seitenverschiebung, die in zahlreiche Äste aufgesplittert ist, zerstört worden. Die *Poissonsche Zahl*, die im gesunden Gebirge 0,22 beträgt, steigt hier auf einen Wert von 0,32. Während die Geschwindigkeit der Longitudinalwellen in solchen Fällen im allgemeinen keine charakteristischen Unterschiede erkennen läßt, gestattet die Transversalgeschwindigkeit bzw. die *Poissonsche Zahl* eine deutliche Kennzeichnung des gestörten Gebietes.

4. Reflexion an einer Störungzone

Z. Zt. spielen in der angewandten Seismik reflektierte longitudinale Wellen die wichtigste Rolle. Es müssen aber auch reflektierte Transversalwellen beobachtet werden können: Gelegentlich erhält man im Seismogramm Einsätze-

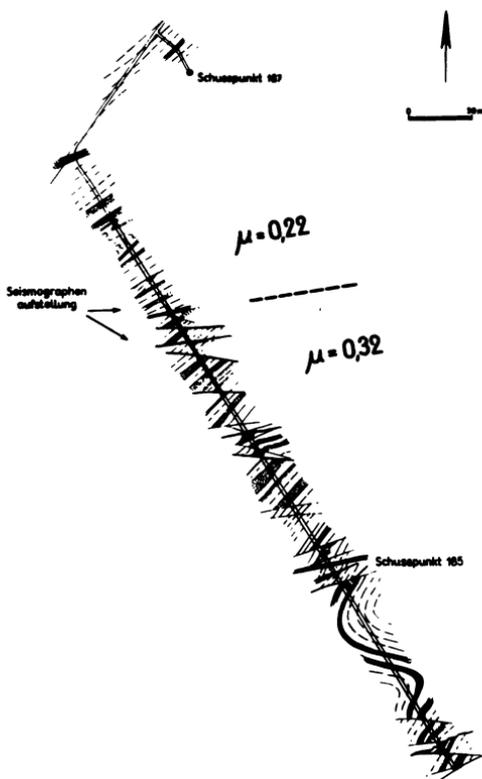
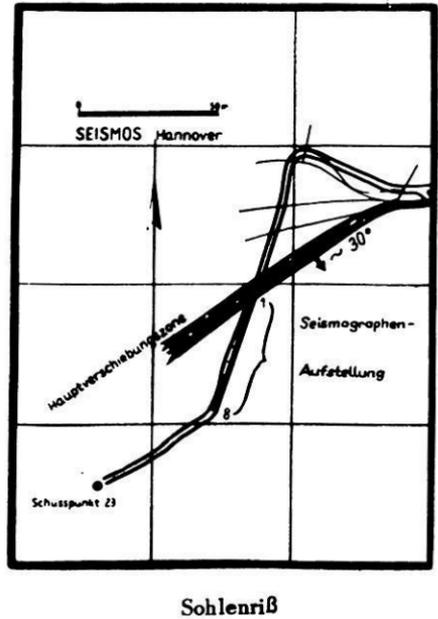
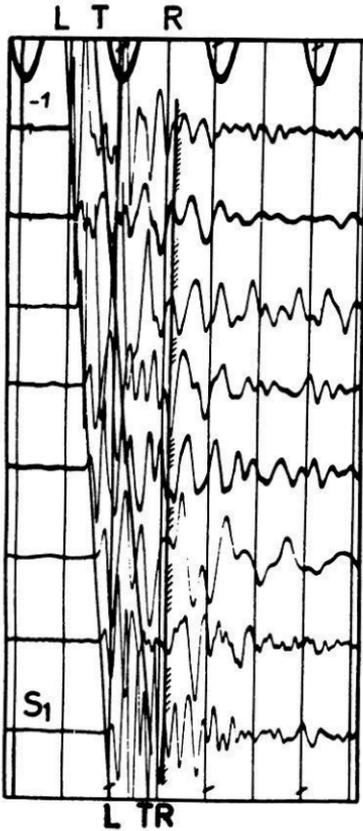


Abb. 8: Änderung der *Poissonschen Zahl* μ durch tektonische Beanspruchung des Gebirges
Grube Pfannenberger Einigkeit 300 m-Sohle

ze, die man als Reflexionen transversaler Wellen an einer Störungszone ansprechen kann. (Abb. 9) Die eingezeichnete Hauptverschiebungszone hat an der Stelle, an der sie die Wellen reflektiert, eine Mächtigkeit von schätzungsweise 5 Metern. Sie ist mit Letten und abgerissenen Gesteinsbrocken angefüllt. Es ist zu erwarten, daß dieses Material eine besonders geringe Scherfestigkeit aufweist und daher für Transversalwellen eine große Unstetigkeit des Gebirges darstellt. Man wird es daher erklärlich finden, daß in besonderem Maße die Transversalwellen reflektiert werden. In dem abgebildeten Beispiel war die Stärke der beobachteten Reflexion von der räumlichen Anordnung von Schußpunkt und Seismographenaufstellung abhängig. Es ist zu vermuten, daß beim Reflexionsvorgang transversaler Wellen ein Polarisierungseffekt beteiligt ist, der unter bestimmten Bedingungen eine totale Reflexion der einen Komponente bewirkt.



Sohlenriß

Abb. 9: Reflexion von Transversalwellen an einer Verschiebungszone Siegerland 1951, Grube: Neue Haardt, 875 m – Sohle
 Schußpunkt: 23, Datum: 28. Juni 1951, Zeit: 12.15. L... Einsatz der direkten longitudinalen Welle; T... Einsatz der direkten transversalen Welle; R... Einsatz der reflektierten Welle

Störungszone sei Abb. 10 hinzugefügt. Es handelt sich um eine Reflexion an einer mächtigen, mit Letten gefüllten Verschiebungszone. Die Annahme von Reflexionen transversaler Wellen konnte durch Variation von Schußpunkt und Seismographenaufstellung gesichert werden.

Der Erzbergbau Siegerland Aktiengesellschaft, Betzdorf/Sieg, sowie der Seismos G.m.b.H., Hannover, danke ich für die Genehmigung zur Veröffentlichung der Arbeit.

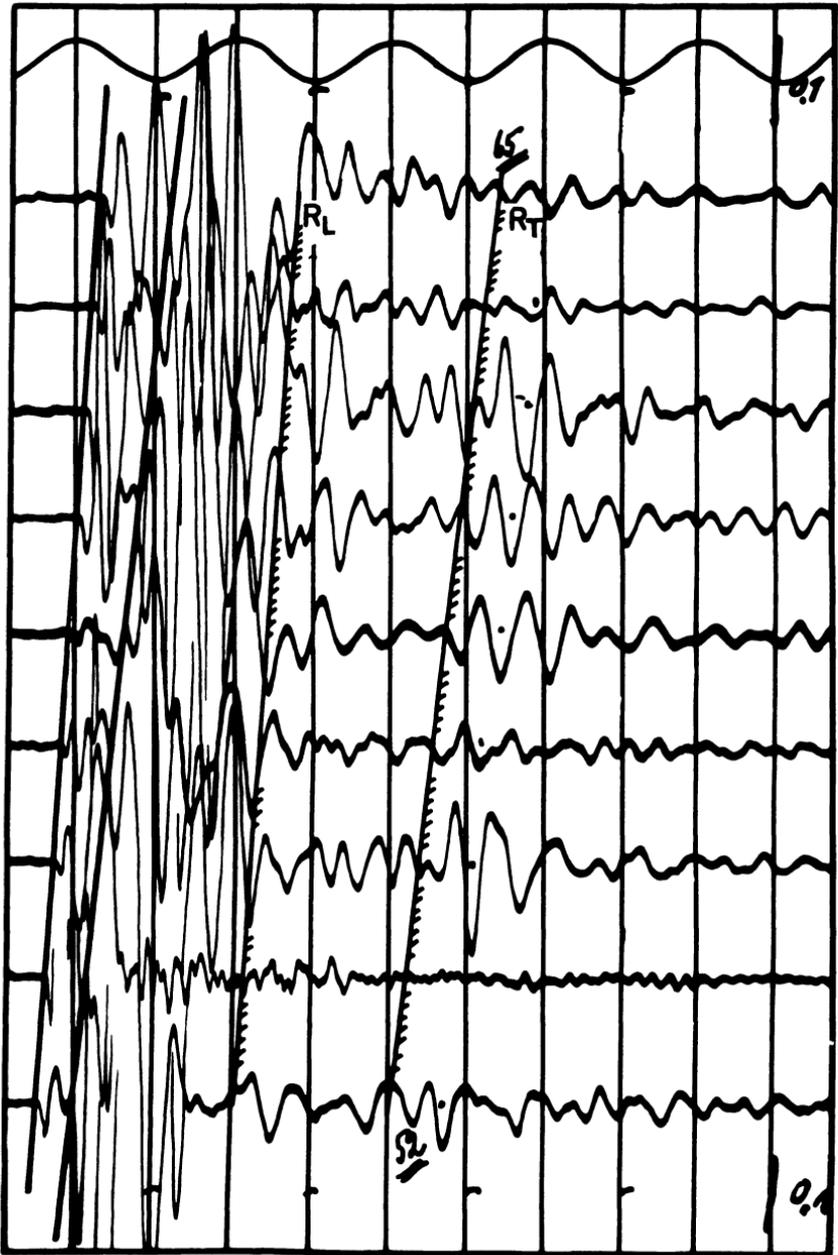


Abb. 10: Reflexion long. und trans. Welle

R_L = Reflexion der longitudinalen Wellen, R_T = Reflexion der transversalen Wellen.

Die neue Erdbebenstation in Hamburg

Von K. Strobach, Hamburg¹⁾

Die während des Krieges zerstörte Hamburger "Hauptstation für Erdbebenforschung" ist nach Bereitstellung der erforderlichen Mittel unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. *Menzel* vom Verfasser und dem Mechanikermeister, Herrn *Pundt*, wieder neu aufgebaut worden und gehört jetzt zum Observatorium des Geophysikalischen Instituts der Universität Hamburg.

Das Observatorium ist in zwei Eisenbetonbunkern im Waldgebiet östlich von Hamburg-Harburg untergebracht. Der eine Bunker beherbergt den Seismographenraum, in dem sich auch die Uhrenanlage befindet, sowie die Arbeitsräume. Im anderen Bunker sind Werkstatt, Dunkelkammer und weitere Arbeitsräume untergebracht.

Der Stationsuntergrund besteht aus 50 m Diluvium, darunter 1900 m Tertiär. Die Koordinaten der Station sind: $53^{\circ} 27' 54''$, 4 N, $9^{\circ} 55' 29''$, 2E, Höhe über dem Meer = 30 m.

Der Seismographenraum hat eine Grösse von 7 mal 11 Meter und ist von aussen mit Erdreich umgeben. Die Wärmekapazität der dicken Betonwände erlaubt die direkte Warmwasserbeheizung, die dauernd in Betrieb gehalten wird. Als tägliche Temperaturschwankung wurden maximal $0,5^{\circ}\text{C}$ gemessen.

Die Instrumente stehen auf einem Betonsockel, der mit dem übrigen Bauwerk keine Verbindung hat. Er ist 3 m tief, 4 m breit und 7 m lang.

Nachdem die Uhrenanlage eingebaut war (siehe weiter unten), wurde mit dem Aufbau des Wiechert-Horizontalseismographen (Masse 1000 kg) begonnen, der seit Juni 1952 laufend registriert. Dieses Instrument, wie auch der Wiechert-Vertikalseismograph (Masse 1250 kg), hatten bereits in der früheren "Hauptstation für Erdbebenforschung" jahrzehntelang ihren Dienst getan. Durch wiederholte Umlagerungen verlorengegangene Teile dieser Instrumente wurden durch den Mechanikermeister des Geophysikalischen Instituts, Herrn *Pundt*, neu angefertigt.

1) *Klaus Strobach*, Observatorium des Geophysikalischen Instituts der Universität Hamburg, Hamburg-Harburg, An der Schiessbahn 30f.

Die Aufstellung des Wiechert-Vertikalseismographen war im Mai 1953 beendet. Wesentliche technische Änderungen wurden an beiden Instrumenten nicht vorgenommen. Die Registriergeschwindigkeit beträgt bei beiden 15 mm/min. Die mittleren Konstanten sind für N, E: $T_0 = 8-9 \text{ sec}$, $V = 220$, $\epsilon = 6$, $r/T_0^2 = 0,003-0,005$, für Z: $T_0 = 5 \text{ sec}$, $V = 220$, $\epsilon = 6$, $r/T_0^2 = 0,004-0,005$. Bei der Justierung der Instrumente legte ich besonderen Wert auf die gegenseitige Unabhängigkeit der Horizontalkomponenten und auf eine möglichst geringe Reibung der Schreibspitzen.

Für den Zeitdienst stehen drei Uhren zur Verfügung:

- 1) Eine luftdichte Riefleruhr mit elektrischem Aufzug und intermittierendem Sekundenkontakt als Hauptuhr.
- 2) Eine Riefleruhr mit Aneroid-Luftdruckkompensation und Gewichtsaufzug in staubdichtem Gehäuse. Diese Uhr gibt die Zeitmarken für alle Seismographen, und zwar zur vollen Minute für die Dauer einer Sekunde. Ferner ist sie mit einem neuartigen intermittierenden Sekundenkontakt ausgerüstet, der eine Kurzzeitmarke in Abständen von 2 sec für die galvanometrische Registrierung liefert (siehe unten).
- 3) Eine Lenzkirch-Uhr als Reserveuhr mit Minutenkontakt.

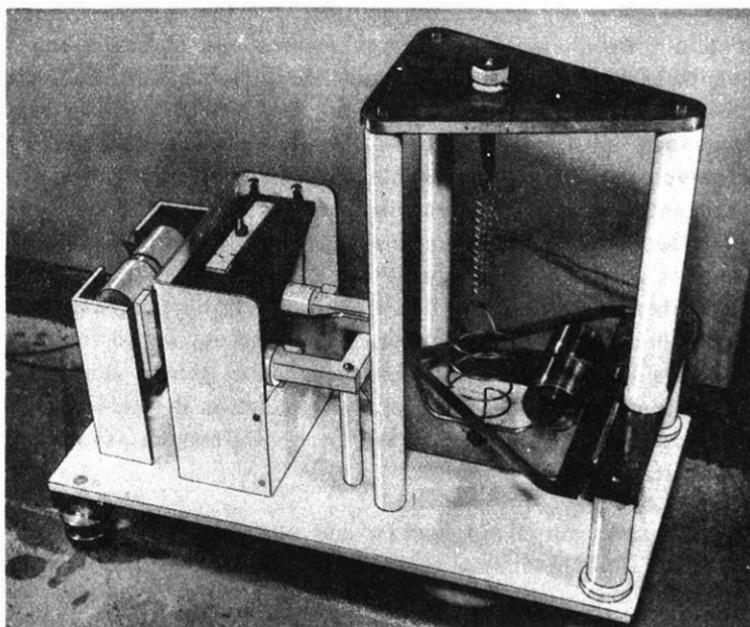


Abb. 1 Ansicht des neuen kurzperiodischen elektromagnetischen Vertikal-Seismographen.

Der Uhrvergleich erfolgt mit dem Zeitzeichen des Deutschen Hydrographischen Instituts, das über Norddeich-Radio aufgenommen, verstärkt und über ein Hilfsrelais direkt dem Chronographen zugeführt wird. Jede Uhr wird einzeln mit dem Zeitzeichen verglichen. Die Genauigkeit der Zeitbestimmung ist $\pm 1/50$ sec. Der Gang der Uhren ist so gut, dass die Genauigkeit einer $1/10$ sec auch dann gegeben ist, wenn der Uhrvergleich für mehrere Tage ausfallen sollte. Täglicher Uhrvergleich wird jedoch angestrebt.

Für die Registrierung von Nahbeben und zur sicheren Bestimmung der P-Phasen von Fernbeben konstruierte der Verfasser einen kurzperiodischen elektromagnetischen Vertikalseismographen mit galvanometrischer Registrierung. Die Konstruktion hinsichtlich des Induktionssystems geschah in Anlehnung an den kurzperiodischen *Hiller*-Vertikalseismographen, System Stuttgart; die Anordnung der Feder entspricht der *Galitzin*'schen Bauweise. Abb. 1 zeigt eine Aufnahme des Seismographen. Die Feder greift zwecks Astasierung unterhalb der Drehachse am Hebel an und besteht aus zwei aneinandergehängten Einzelfedern, wobei zur unteren Invar, zur oberen gewöhnlicher Federstahl verwendet wurde. Durch die entgegengesetzten Temperatur-Ausdehnungskoeffizienten beider Federn wurde eine sehr gute Temperaturkompensation erzielt. Der Hebelarm trägt nahe der Drehachse zwei zylindrische Massen von zusammen 1250 g. Das Induktionssystem wird von zwei Magnetkernen aus Alnico 400 gebildet, die fest mit der Grundplatte verbunden und mittels eines U-förmigen Joches aus Dynamoblech-Lamellen zu einem Hufeisenmagneten geschlossen sind. Nord- und Südpol dieses Magneten tragen vertikal stehende Polschuhe aus Weicheisen, die von vier Spulen (insgesamt 100 Ω) umgeben sind. Der magnetische Kraftfluss wird oben und unten von Jochen aus Dynamoblech-Lamellen geschlossen, die mit dem Hebelarm verbunden sind. Diese in Stuttgart benutzte Anordnung bewirkt, dass sich der gesamte Kraftfluss bei Änderung der Hebelstellung nicht ändert, wodurch der Übertragungsfaktor konstant bleibt. Da der Bereich, in dem das rücktreibende Drehmoment des Hebels als lineare Funktion der Auslenkung angesehen werden darf, bei kleinem Abstand der Joche von den Polschuhen ebenfalls klein wird, muss die Nullage des Hebels möglichst konstant gehalten werden, wozu die Temperaturkompensation der Feder unerlässlich war. Grössere Stabilität bei grösseren Jochentfernungen hätte einen Verlust an Empfindlichkeit zur Folge.

Zur Dämpfung wurde ein System aus vier Alnico-Kernen benutzt, die paarweise auf Weicheisenblöcke geklebt sind. Die Dämpferplatte besteht aus Aluminium.

Die Registrierung erfolgt mit einem Moll-Spiegelgalvanometer der Firma Kipp u. Zonen, Delft. Es besitzt eine Eigenperiode von 1,50 sec und eine

Empfindlichkeit von $11 \cdot 6 \cdot 10^{-9}$ A/mm bei 1 m Lichtzeigerlänge. Die Registriertrommel, die von einem Synchronmotor (Leistung 4 W) mit Netzstrom (50~) angetrieben wird, befindet sich mit dem Galvanometer zusammen in einem lichtdichten Gehäuse, da mangels eines besonderen Registrierraumes die Registrierung im Instrumentenraum erfolgen muss. Der Vorschub beträgt 52 mm/min, der Spurbabstand 2 mm. Die Streifen werden täglich gewechselt und entwickelt.

Wie Untersuchungen gezeigt haben, wird das Papier durch das Aufspannen auf die Trommel, durch den Entwicklungsprozess und die Trocknung im geheizten Trockengerät so ungleichmässig verzerrt, dass zwischen den Minutenmarken nicht mehr auf $1/10$ sec interpoliert werden darf, obgleich der Lauf der Trommel sehr gleichmässig ist. Deshalb werden ausser den Minutenmarken zusätzlich Kurzzeitmarken von $1/10$ sec Dauer im Abstand von 2 sec auf die Spur gegeben, um auch wirklich eine sichere Erfassung der $1/10$ sec zu gewährleisten. Diese Zeitmarke wird von derselben Uhr gesteuert, welche auch die Minutenmarken gibt, und zwar über ein besonderes Schaltgerät, das mit Kondensatorentladungen arbeitet.

Der Seismograph mit Registriergerät und die Einrichtungen für die Kurzzeitmarke wurden in der Werkstatt des Observatoriums gebaut, wegen längerer Krankheit des Mechanikers grösstenteils vom Verfasser selbst.

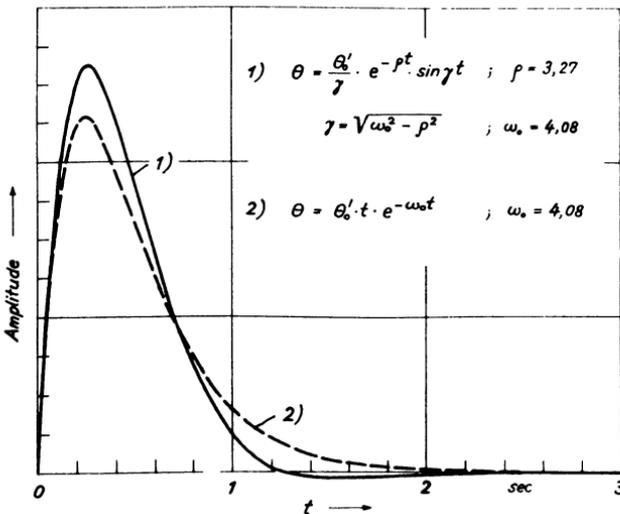


Abb. 2 Hebelbewegung des elektromagnetischen Vertikal-Seismographen für Impulsanregung bei einer Dämpfung 69 : 1 (ausgezogen) und für kritische Dämpfung (gestrichelt).

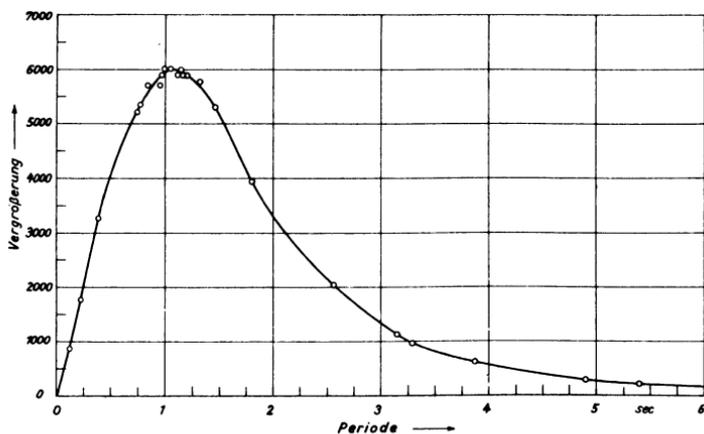
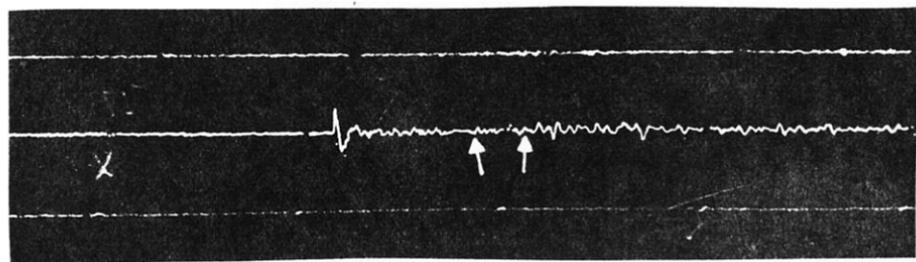
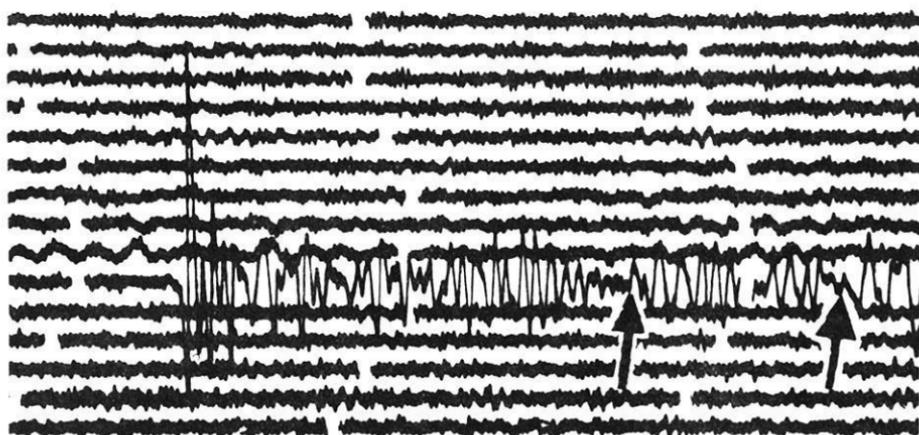


Abb. 3 Empirische Vergrößerungskurve des elektromagnetischen Vertikalseismographen.

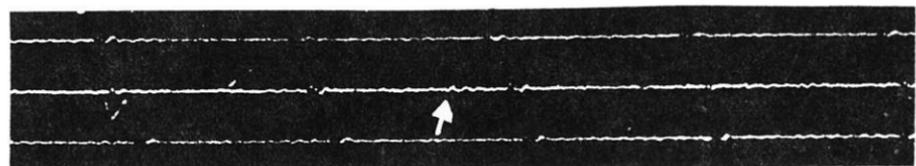
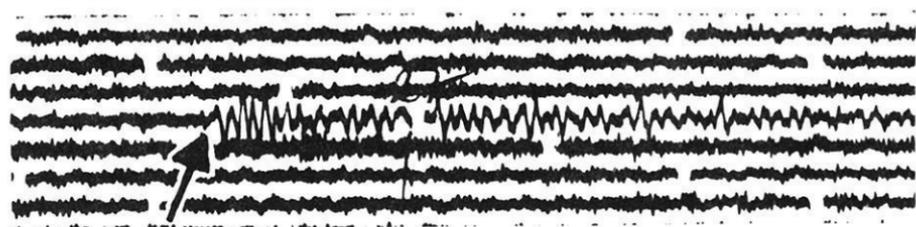
Die Wahl der Eigenperiode des Seismographen hing von zwei Faktoren ab: Die auf dem Sockel mit einem Feldseismographen gemessene kurzperiodische Bodenunruhe zeigte eine ziemlich permanente Schwingung von ca. 3 Hz. Dann war eine Lücke bis zu den Perioden der mikroseismischen Bodenunruhe, die bekanntlich in Hamburg sehr kräftig auftritt. Der sehr empfindliche Vertikalseismograph musste also einerseits Frequenzen von 3 Hz möglichst schwach, andererseits aber auch Perioden von 3-8 sec nicht zu stark vergrößern. Diese Bedingungen liessen es als günstig erscheinen, das Resonanzmaximum auf eine Periode von ca. 1 sec zu legen, was gleichzeitig auch für die Bebenregistrierung zweckmässig ist. Bei nicht ganz kritischer Dämpfung des Seismographen musste dieser eine Eigenperiode von 1,5 - 1,6 sec erhalten; sie beträgt $T_0 = 1,54$ sec.

Der Seismograph wurde nicht, wie üblich, streng kritisch gedämpft, weil bekanntlich bei etwas geringerer Dämpfung die Einstellzeit kürzer und die Empfindlichkeit für Impulse grösser ist als im kritischen Fall. Die Abb. 2 zeigt die theoretisch zu erwartenden Schwingungsbilder des Hebelarms für denselben Impuls im Falle der vorhandenen Dämpfung von 69 : 1 (ausgezogene Kurve) und bei kritischer Dämpfung (gestrichelt). Während im ersten Fall die Nulllinie praktisch bereits bei 1,2 sec erreicht ist (bis auf 1,5 %), ergibt die kritische Dämpfung dort noch einen Ausschlag von 10 %; 1,5 % werden erst nach 1,8 sec erreicht. Ferner ist die Amplitude bei 69 : 1 um ca. 15 % grösser.

Das Gerät wurde auf einem hydraulischen Schütteltisch für Perioden von 0 - 5,4 sec durchgemessen bei gleichzeitiger Registrierung der Bewegungen des Schütteltisches. Die erhaltene Vergrößerungskurve zeigt Abb. 3. Die



Beben vom 14.5.54 22^h 51^m



Beben vom 1.7.54 03^h 26^m

Abb. 4 Registrierungen der P-Phasen zweier Beben, etwa natürliche Grösse. *Oben:* Beben v. 14.5.54, 22^h 51^m. Bemerkenswert der Knick nach unten vor dem scharfen Impetus, in der Wiechert-Aufzeichnung nicht erkennbar. *Unten:* Beben v. 1.7.54, 03^h 26^m. Wiechert-Aufzeichnung unterscheidet sich kaum von der Bodenunruhe. Klare Registrierung der kurzperiodischen P-Phase im elektrischen Seismogramm.

gemittelten Messwerte sind durch Kreise dargestellt. Es ergab sich eine Maximalvergrößerung von 6000 bei einer Periode von ca. 1,1 sec. Wegen der Steilheit der Resonanz arbeitet das Instrument ausgesprochen selektiv, registriert also vor allem Nahbeben und die ersten Vorläufer von Fernbeben.

Das Instrument ist seit dem 1. März 1954 laufend in Betrieb und hat sich bisher gut bewährt. Die Zahl der registrierten Beben ist gegen früher auf etwa das Dreifache gestiegen. Eine grosse Zahl der P-Einsätze erscheinen als Impetus und lassen sich auf 1/10 sec angeben. Die Grenzen der Anwendbarkeit solcher Instrumente liegen hier in der kurzperiodischen Bodenunruhe durch Verkehr und Industrie. Obgleich der Seismograph ohne weiteres auf die doppelte Empfindlichkeit gebracht werden könnte, erlauben dies die örtlichen Verhältnisse nicht.

In Abb. 4 sind Seismogrammausschnitte der P-Phasen zweier Fernbeben etwa in Originalgrösse reproduziert zum Vergleich der Registrierungen des kurzperiodischen elektromagnetischen Vertikalseismographen mit den Aufzeichnungen des Wiechert-Vertikal-Seismographen; letztere sind jeweils unter dem elektrischen Seismogramm wiedergegeben.



GRAVIMETRIE

SEISMIK · GEOMAGNETIK · GEOELEKTRIK · RADIOAKTIVITÄT

SEISMOS
G. M. B. H.

verringert Ihr Risiko

H A N N O V E R

Fernschr. 023419 · Ruf 70831



SIE**G-22A****SEISMOGRAPHEN****SYSTEM**

für höchste Ansprüche

FREQUENZEMPFINDLICHKEIT: Innerhalb 3 db von 20 - 500 Hz. Filterung wie angegeben.

GERINGE VERZERRUNG: Weniger als 1% im Bereich von 10 - 500 Hz bei 0,1 V Eingangsspannung.

AGC-REGELBEREICH: 0,5 Mikrovolt bis 0,1 Volt Eingangsspannung. (3 Zeitkonstanten an der Frontplatte einstellbar.)

SCHALTUNGEN ZUR VERSTÄRKUNGS-REGELUNG: AGC, Expander oder gleichzeitige Anwendung von AGC und Expander.

REGISTRIERART: Einfache Registrierung; zweifacher Ausgang; Doppelregistrierung.

- Erste Einsätze ungefiltert.
- Möglichkeit zum Parallelschalten und Prüfen beliebiger Spuren.
- Einfachste Bedienung.

Besondere Vorrichtungen für schnelles Arbeiten - die bei vielen anderen Systemen nur auf zusätzliche Bestellung geliefert werden - gehören zur Standardausrüstung des Geräts G-22A, des letzten Modells aus der Serie SIE-G.

Die neuartige Schaltung ermöglicht eine unerreichte Leistung bei allen Registrieremethoden unter gleichzeitig vereinfachter Abstimmung und Bedienung.

AGC Zeitkonstanten, Mischungsart und Mischungsverhältnis sind auf der Frontplatte einzustellen. Wahl der Flankensteilheit der Hoch- und Tiefpassfilter in je 2 Stufen gestattet Hunderte von Filterungsmöglichkeiten.

Von dem neuen AGC-Kreis mit automatischer Gittervorspannung bis zur vereinfachten Bedienungstafel vereinigt die aus vielseitiger Felderfahrung hervorgegangene Konstruktion der G-22A praktische Arbeitsweise mit hoher Anpassungsfähigkeit an alle Arbeitsbedingungen.

SIE**SOUTHWESTERN INDUSTRIAL ELECTRONICS CO.**

2831 Post Oak Rd. P.O. Box 13058 Houston 19, Texas



Geophysikalische Untersuchungen

***im In- und Ausland
zu Land und zu Wasser***

Hannover, Haarstr. 5

Ruf: 80148 • Fernschreiber: 023847 •

Telegramm: PRAKLA

Askania- Mikro- Barometer

ein handliches,
komplettes Instrument
für
schnelle Nivellements,
ein wichtiges Gerät
für den



Geologen - Geophysiker - Geodäten

Einige Daten:

geschlossene Konstruktion und leichtes Gewicht (ca. 3 kg)

Ablesegenauigkeit: 0,1 Torr, Schätzung auf + 0,01 Torr

Gesamtmeßbereich: 600 Torr zwischen 300 und 900 Torr

Teilmeßbereich: ca. 40 Torr

geeichter Bereich: 300 Torr

Temperaturkompensation: Temperatureinfluß vernachlässigbar über eine
Spanne von 20 Torr, für die anderen Bereiche gering.



A S K A N I A - W E R K E A G.
BERLIN - FRIEDENAU · BUNDESALLEE 86 - 89 · AMERIKAN. SEKTOR