

Werk

Jahr: 1936

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:12

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0012

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0012

LOG Id: LOG_0020

LOG Titel: Erdstrahlungsmessungen mit dem Geiger-Müller-Zählrohr und elektrische Feldstärkemessungen im Gelände

LOG Typ: article

Übergeordnetes Werk

Werk Id: PPN101433392X

PURL: <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X>

OPAC: <http://opac.sub.uni-goettingen.de/DB=1/PPN?PPN=101433392X>

Terms and Conditions

The Goettingen State and University Library provides access to digitized documents strictly for noncommercial educational, research and private purposes and makes no warranty with regard to their use for other purposes. Some of our collections are protected by copyright. Publication and/or broadcast in any form (including electronic) requires prior written permission from the Goettingen State- and University Library.

Each copy of any part of this document must contain these Terms and Conditions. With the usage of the library's online system to access or download a digitized document you accept the Terms and Conditions.

Reproductions of material on the web site may not be made for or donated to other repositories, nor may be further reproduced without written permission from the Goettingen State- and University Library.

For reproduction requests and permissions, please contact us. If citing materials, please give proper attribution of the source.

Contact

Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen
Georg-August-Universität Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen
Germany
Email: gdz@sub.uni-goettingen.de

Erdstrahlungsmessungen mit dem Geiger-Müller-Zählrohr und elektrische Feldstärkemessungen im Gelände

(Untersuchungen zum Wüschelruteneffekt)

Von **Stephan Stechhöfer** — (Mit 12 Abbildungen)

Inhalt. *I. Einleitung.* Erdstrahlung, Meßverfahren; Wüschelruteneffekt; Fragestellung. *II. Radioaktive Messungen.* A. Beschreibung der Zählrohranordnung: a) Zählrohre; b) Verstärker und Zähler; c) Hochspannungsanlage. B. Ergebnisse der radioaktiven Messungen: a) Absorptionsmessungen; b) Messungen auf verschiedenen geologischen Formationen; c) Messungen auf Verwerfungen und einem „Reizstreifen“. *III. Elektrische Feldstärkemessungen.* a) Hypothesen über den Wüschelruteneffekt; b) Feldstärkemessungen; c) Besprechung verschiedener Auffassungen. *IV. Zusammenfassung.*

Mit einer tragbaren Zählrohranordnung wurde die Gammastrahlung im Gelände gemessen. Es sollte die Frage geklärt werden, ob als Ursache des Wüschelruteneffektes eine solche Strahlung in Betracht kommen könne. Außerdem wurde untersucht, ob an den Orten, an denen der Ruteneffekt auftritt, das elektrische Feld der Atmosphäre gestört ist.

Wie schon andere Strahlungsmessungen erwarten ließen, war über verschiedenen Böden die Strahlung verschieden. Über Verwerfungen und einem „Reizstreifen“ ließen sich jedoch keine Besonderheiten der Strahlung finden.

Messungen der elektrischen Feldstärke der Atmosphäre wurden ausgeführt, um festzustellen, ob über Verwerfungen oder „Reizstreifen“ eine Störung vorliegt.

I. Einleitung

„Erdstrahlungs“-Messungen nach der Gammastrahlenmethode wurden bisher meist mit Ionisationskammer und Elektrometer ausgeführt^{1) 2) 3)}. Benutzt wird dabei eine verhältnismäßig große Kammer (von mehreren Litern Inhalt).

Im Geiger-Müller-Zählrohr^{4) 5) 6)} gibt es nun ein weiteres Gerät zur Messung durchdringender Strahlung. Wegen der großen Empfindlichkeit dieser Anordnung kommt man mit einem kleinen Meßvolumen aus, allerdings sind wesentlich höhere Spannungen erforderlich. Zu Messungen der durchdringenden Höhenstrahlung wird das Zählrohr viel verwendet und neuerdings ist auch schon die Gammastrahlung von Gesteinsproben damit nachgewiesen worden^{8) 10)}.

Suckstorff hat kürzlich²⁰⁾ das Zählrohr auch im Freien zu Gammastrahlungsmessungen benutzt. Ohne Kenntnis seiner Arbeit haben auch wir eine tragbare Zählrohranordnung gebaut und Gammastrahlung im Gelände gemessen. Mit einem ungepanzerten Zählrohr von 75 cm³ Inhalt läßt sich innerhalb von 5 Minuten die durchdringende Strahlung im Freien auf rund 7% genau messen.

In den letzten Jahren wurde in Zeitschriften, Zeitungen usw. häufig von „Erdstrahlen“ geschrieben, die den „Ruteneffekt“ bewirken sollen. Unter „Ruten-

effekt“ versteht man die Erscheinung, daß gewisse, besonders empfindliche Menschen an manchen Orten unwillkürliche Muskelbewegungen ausführen. Die Rutengänger nennen solche Stellen „Reizstreifen“. Physikalisch sind diese „Erdstrahlen“ der Rutengänger, die vor allem an Verwerfungen und über „Wasseradern“ auftreten sollen, bisher noch nie nachgewiesen. Da jedoch von Physikern verschiedentlich über Verwerfungen eine größere Radioaktivität festgestellt worden ist^{1) 20)}, schien es nicht unmöglich, daß ein Zusammenhang zwischen der Gammastrahlung des Erdbodens und dem Ruteneffekt bestehe. Mit unserer tragbaren Zählrohranordnung wurde deshalb die Gammastrahlung im Gelände auch auf diese Frage hin untersucht.

Zählungen auf verschiedenen geologischen Formationen geben ein Bild von den örtlichen Schwankungen und lassen Vergleiche zu mit der Strahlung über Verwerfungen und einem „Reizstreifen“ eines Rutengängers.

Nach anderen Behauptungen soll außer oder statt einer durchdringenden Strahlung eine Störung des luftelektrischen Feldes den Wünschelruteneffekt bewirken⁷⁾. Es wurde deshalb beiläufig auch die elektrische Feldstärke an verschiedenen Orten untersucht. Dabei wurde ermittelt, ob an Verwerfungen bzw. „Reizstreifen“ örtliche Unterschiede des luftelektrischen Feldes bestehen, die mit den bekannten zeitlichen Schwankungen vergleichbar sind.

II. Radioaktive Messungen

A. Beschreibung der Zählrohranordnung. a) *Zählrohre*^{4) 5) 6)}. Es wurden Zählrohre aus Messing, Aluminium, Eisen und Kupfer, innen geschmirgelt und ausgestattet mit einer Fe- oder Al-Anode von 0.10 bis 0.30 mm starkem Draht hergestellt. Sie zählten alle. Der Draht war dabei blank oder in Salpetersäure geätzt oder in der Gasflamme oder elektrisch geglüht. Die Rohre waren mit trockener Luft oder Wasserstoff gefüllt. Der Druck betrug ungefähr $65 \cdot 10^{-3}$ Bar. Bei Drucken von $18 \cdot 10^{-3}$ bis $40 \cdot 10^{-3}$ Bar wurde kein brauchbarer spannungsunabhängiger Zählbereich erhalten. Als Drahtanode bewährten sich am besten 0.10 mm starker Aluminiumdraht, der mehrere Minuten in verdünnter Salpetersäure gelegen hatte und elektrisch geglühte Eisendrähte von 0.15 mm Stärke.

Zu den Messungen im Freien wurde das bei den umfangreichen Laboratoriumsversuchen best befundene Messingzählrohr von 1.0 mm Wandstärke, 30 mm Innendurchmesser und 90 mm Länge verwendet. Das Rohr war mit trockener Luft von $70 \cdot 10^{-3}$ Bar gefüllt. Die Anode war 0.10 mm dicker Aluminiumdraht. Ganz spannungsunabhängig zählte auch dieses Rohr nicht⁸⁾. Es änderte in seinem Arbeitsbereich bei einer Erhöhung der Spannung um 25 bis 30 Volt die Stoßzahl um 10%. Dieser ausnutzbare Zählbereich lag rund 50 Volt über der Einsatzspannung und reichte bis über 100 Volt darüber. Dieses Verhalten blieb unverändert, obwohl die Einsatzspannung im Laufe von drei Monaten von 1200 Volt auf 1350 Volt stieg.

Das Zählrohr wurde in der üblichen Schaltung verwendet: Die Rohrwand war geerdet, am Draht lag positive Hochspannung. Im Stromkreis befand sich ein Widerstand von $7.4 \cdot 10^9$ Ohm. Dieser Widerstand war folgendermaßen hergestellt: Kupfer wurde auf Glas aufgedampft, dann oxydiert und durch eine Paraffinschicht gegen Witterungseinflüsse geschützt. Er blieb während der neun Monate, in denen er benutzt wurde, auf $\pm 10\%$ konstant.

Das Zählrohr wurde stets mit einer Spannung von 90 Volt über Einsatzspannung betrieben, die Empfindlichkeit des Rohres mit einer Probe Uranpecherz (1 g) geprüft. Ohne diese radioaktive Zusatzstrahlung betrug die Stoßzahl beispielsweise in einem Zimmer des Physikalischen Instituts 51 min^{-1} . Wenn sich das Uranpecherz seitlich in 8 cm Entfernung vom Zählrohr befand, wurden $122 \text{ Stöße min}^{-1}$ gezählt. Bei diesem Abstand stammten also rund $70 \text{ Stöße min}^{-1}$ vom Uranpecherz. Diese Zahl blieb innerhalb der statistischen Schwankung durch die drei Monate hindurch gleich.

Geländemessungen wurden stets so ausgeführt, daß alle Meßpunkte mehrfach, und zwar in wechselnder Reihenfolge bestimmt und die Zahlen gemittelt wurden. Mit der Uranpecherzprobe wurde vor und nach jeder Meßreihe die Konstanz des Zählrohres geprüft.

Zählungen am gleichen Ort bei Temperaturen zwischen 11 und 28°C ergaben die Stoßzahl unabhängig von der Temperatur.

b) *Verstärker und Zähler.* Die Spannungsstöße, die bei Eintritt von Gammaquanten in das Zählrohr am Widerstand R_1 auftraten, wirkten über einen gut isolierenden Kondensator von ungefähr $90 \mu\mu\text{F}$ auf den Eingang des Verstärkers. Dieser mußte so gut verstärken, daß auf jeden Stoß ein elektromagnetischer Zähler sicher ansprach. Außerdem durfte er nur wenig Anodenstrom verbrauchen, damit die Anodenbatterie, welche auch die Hochspannung lieferte (siehe unten), nicht durch zu große Belastung Spannung verlor. Eine einzige Röhre verstärkte noch nicht genügend. Zwei Röhren konnten aus folgendem Grunde nicht verwendet werden: Da der negative Pol der Hochspannungsquelle geerdet war, kamen an den Eingang des Verstärkers positive Spannungsstöße. Diese verstärkten den Anodenstrom der ersten und schwächten den der zweiten Röhre. Im Ruhezustand hätte also die Endröhre einen großen Anodenstrom, was aber vermieden werden sollte. Ein Dreiröhren-Verstärker erfüllte alle geforderten Bedingungen. Die erste und dritte Röhre waren bei Ruhestrom durch negative Gittervorspannung fast vollständig gesperrt. Die zweite Röhre hatte positive Vorspannung. Der gesamte Ruhe-Anodenstrom betrug 1 mA.

Ein Spannungstoß von $1\frac{1}{2}$ Volt am Widerstand R_1 verursachte im Anodenkreis der Endröhre einen Stromstoß von 15 mA; dieser genügte, um einen ungebauten Zwietusch-Telephonzähler sicher zum Ansprechen zu bringen. Der Zähler war dadurch empfindlicher gemacht worden, daß der Hub durch Ersetzen des zehnzackigen Zahnrades durch ein solches mit 50 Zähnen auf ein Fünftel seiner ursprünglichen Größe verkleinert worden war. Außerdem wurde die Magneti-

sierung des Elektromagneten durch schwache Ströme dadurch erhöht, daß der Eisenkern statt mit 4400 Windungen von 0.2 mm starkem Kupferdraht (100 Ohm) mit 11070 Windungen von 0.09 mm Stärke (1460 Ohm) bewickelt wurde. Nach dieser Änderung zog der Magnet mit 10 mA den Anker an.

Die Auflösung der Anordnung ermittelten wir mit dem quadratischen Entfernungsgesetz. 200 Stöße in der Minute wurden noch fast vollzählig gezählt. Die größte Stoßzahl, die bei Annäherung von Radiothor an das Zählrohr beobachtet wurde, war etwa 900 in der Minute. Daraus läßt sich das Auflösungsvermögen

der Anordnung mit Hilfe der Formel $z = \frac{1}{e \cdot \vartheta}$ berechnen⁹⁾. z bedeutet die größte registrierte Stoßzahl, $e = 2.718$, und ϑ ist das von der Zählordnung noch aufgelöste Zeitintervall. Hier ergibt sich $\vartheta = \frac{1}{2.718 \cdot 15} = 0.025$ sec. Da bei den

Messungen im Gelände die Stoßzahl im benutzten Zählrohr von 65 cm³ Inhalt nur zwischen 80 und 100 min⁻¹ lag, war das Auflösungsvermögen völlig genügend.

c) *Hochspannungsanlage.* Eine Hauptaufgabe für den Bau einer tragbaren Zählrohrapparatur war die Herstellung einer leichten, genügend konstanten Hochspannungsquelle. Im Laboratorium kann jederzeit eine Hochspannungsbatterie aus kleinen Bleiakkumulatoren oder den üblichen Anodenbatterien verwendet werden. Für eine tragbare Anlage kommt eine derartige Batterie wegen ihres hohen Gewichtes nicht in Frage.

Als sehr gut brauchbar erwies sich eine Kondensatoren-Kaskadenbatterie (Fig. 1). Diese Art der Spannungssteigerung durch Hintereinanderschalten geladener Kondensatoren ist ja seit langem bekannt¹⁰⁾. Wir benutzten den Kunstgriff, durch einen mechanisch betriebenen Drehschalter zehn Kondensatoren ständig umschalten zu lassen. In der einen Schalterstellung wurden die zehn Kondensatoren auf ein Zehntel der Betriebsspannung des Zählrohres aufgeladen. In der nächsten Stellung, in der die Kondensatoren hintereinandergeschaltet waren, wurden sie auf einen Sammelkondensator entladen, der so nach einigen Entladungen die Spannung erreichte, die das Zählrohr zum Betriebe brauchte.

Der Schalter wurde von einem Laufwerk mit 8 Minuten Laufzeit gedreht. Wenn die Kondensatoren in 1 sec einmal parallel und hintereinandergeschaltet wurden, war in 1 $\frac{1}{2}$ min eine Spannung erreicht, bei der das Zählrohr zu zählen begann. Nach 5 bis 6 min war die Arbeitsspannung des Zählrohres erreicht.

Die Schaltstöße bedingten zunächst Störungen auf den Verstärker. Sie ließen sich durch in die Leitungen eingebaute Widerstände r_1 bis r_{10} ganz vermeiden. Die Hochspannung selbst wurde erst über einen Widerstand r_I und eine zweite Kapazität c_{II} dem Zählrohr zugeführt. Ein Widerstand r_{II} diente als Schutz vor elektrischen Schlägen bei Berühren der Hochspannung. Das Laufwerk konnte während der Messung laufen und aufgezo-gen werden, ohne Störungen am Verstärker zu verursachen. Die ganze Anlage war vollkommen abgeschirmt.

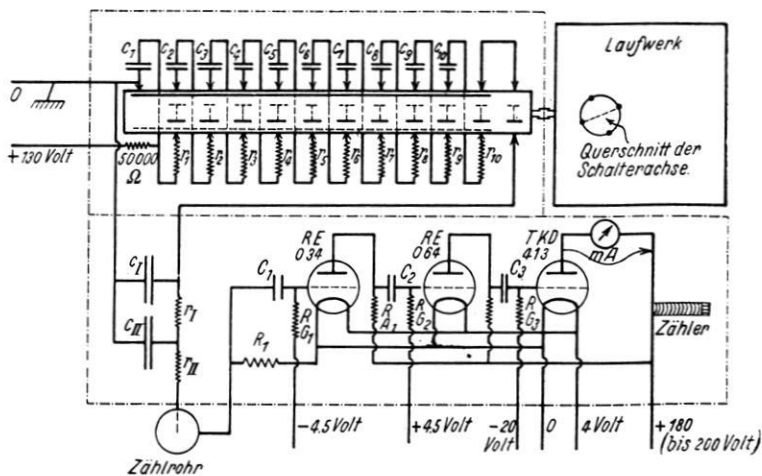


Fig. 1. Zählrobranordnung mit Impulsverstärker und Hochspannungsanlage

- | | |
|--|--|
| $r_1 - r_{10}$ je 10000Ω | $c_1 - c_{10}$ je $0.5 \mu F$ (Prüfspannung 1000 Volt) |
| $r_I = 6 M \Omega$; $r_{II} = 1 M \Omega$ | $c_I = c_{II} = 0.5 \mu F$ (Prüfspannung 6000 Volt) |
| $R_{I1} = 7.4 \cdot 10^3 M \Omega$ | $C_1 = 30 \mu F$ |
| $R_{G1} = 100 M \Omega$ | $C_2 = C_3 = 0.01 \mu F$ |
| $R_{G2} = R_{G3} = 10 M \Omega$ | |

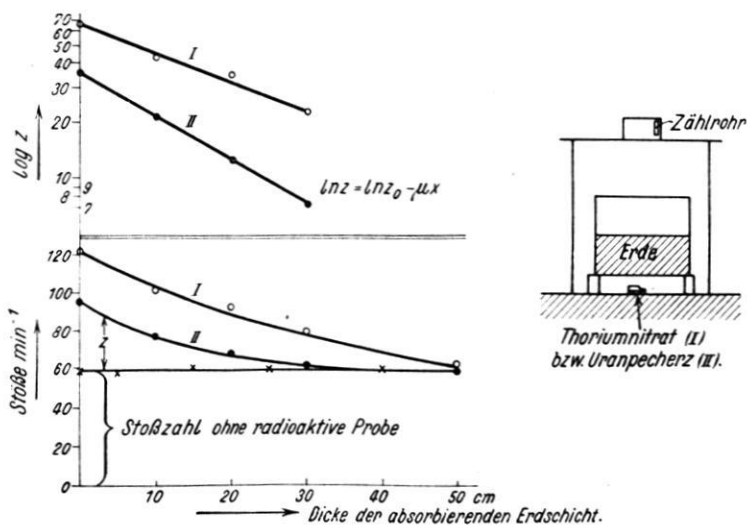


Fig. 2. Absorption der Gammastrahlung von Thoriumnitrat (I) und Uranpecherz (II) durch Erde

B. Ergebnisse der radioaktiven Messungen. a) Absorptionsmessungen. Die Strahlung, die mit dem Zählrohr im Gelände festgestellt wird, rührt in der Hauptsache von den Zerfallsprodukten des Urans und des Thoriums her. Um die mittlere Durchdringungsfähigkeit der in dieser Anordnung gemessenen Strahlung festzustellen, wurde die Strahlung von 600 g Thoriumnitrat (einige Jahre alt) und von 125 g Uranpecherz mit der Zählrohranordnung gemessen, wenn sich eine verschieden dicke Erdschicht zwischen einer dieser Proben und dem Zählrohr befand (Fig. 2). Unter der vereinfachten Voraussetzung, daß die Intensität I der Strahlung beim Durchdringen der absorbierenden Schicht x nach der Formel $I = I_0 e^{-\mu x}$ abnimmt, ergeben sich als Absorptionskoeffizienten für Thorium $\mu = 0.03_7$ und für Uran $\mu = 0.05_3 \text{ cm}^{-1}$. Die Dichte der aufgeschütteten Erde war $\rho = 1.34 \text{ g/cm}^3$, so daß sich als Massenabsorptionskoeffizient $\mu/\rho = 0.02_7$ für Thorium und $0.03_9 \text{ cm}^2/\text{cm g}$ für die Uranstrahlung ergibt. Diese Werte sind ungefähr in Übereinstimmung mit den Absorptionskoeffizienten der härtesten Gammastrahlung von Th C'' und Ra C'' ($\mu/\rho = 0.03_6$ bzw. 0.04_7)¹¹). Sonach mißt das von uns benutzte Zählrohr im wesentlichen die durchdringendste Strahlung der Radium- und Thorium-Zerfallsprodukte. Die Absorptionskoeffizienten zeigen, daß diese Gammastrahlen nur aus dem obersten halben Meter des Erdbodens stammen können. Schon eine Erdschicht von ungefähr 20 cm Dicke läßt ja nur noch die Hälfte der Strahlung durch.

Durch Panzerung des Zählrohres sollte festgestellt werden, wie groß der Anteil der Höhen- und Eigenstrahlung des Zählrohres an der beobachteten Stoßzahl ist. Das Rohr wurde hierzu so in Quecksilber getaucht, daß die Wand allseitig durch eine 3.6 cm dicke Schicht abgeschirmt war. Der Deckel und der Boden des Rohres waren durch 4 cm Blei und einige Eisenplatten gepanzert (Fig. 3).

Die Stoßzahl des Zählrohres M II betrug ohne Panzer in einem Zimmer unter dem mit Schiefer gedeckten Dach des Physikalischen Institutes $51.5 \pm 1.6 \text{ min}^{-1}$; durch den Hg usw. -Panzer ging sie auf 26.2 ± 1.1 zurück. Bei Rohr M V, Länge 9 cm, Innendurchmesser 2.8 cm, Eisendrahtanode, ging die Stoßzahl von 51.4 auf 22.6 min^{-1} zurück. Beidemal wurde also rund die Hälfte der Strahlung abgeschirmt¹²).

Quecksilber von 3.6 cm Schichtdicke absorbiert wegen seiner zehnmal größeren Dichte etwa ebenso stark wie 36 cm jener Erde, die bei den obigen Absorptionsmessungen verwendet wurden (vom Atomgewicht des absorbierenden Stoffes ist der Schwächungskoeffizient für harte Gammastrahlen nur wenig abhängig).

Diese Schicht schluckte also den größten Teil der härtesten Radium- und Thoriumstrahlung. Bei den meisten Stößen, die trotz des Panzers noch gezählt

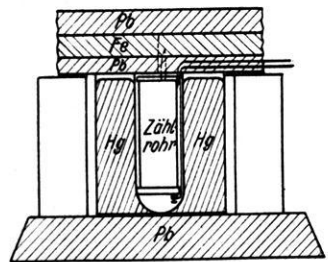


Fig. 3. Panzerung von Zählrohren mit Quecksilber
 $\frac{3}{20}$ natürlicher Größe

wurden, handelt es sich daher um besonders harte Strahlung, z. B. Höhenstrahlung und daneben um Eigenstrahlung des Zählrohres.

Diese Höhenstrahlung (und Eigenstrahlung) wird naturgemäß bei allen Messungen im Gelände mitgezählt. Da die durch sie bewirkte Stoßzahl nicht genau bekannt ist — ohne Panzer mag diese Reststoßzahl etwas kleiner sein als 22 min^{-1} —, läßt sich auch die Erdstrahlung zahlenmäßig nicht *genau* angeben. Die Höhenstrahlung stört aber dennoch nicht viel, da sie sich sowohl zeitlich wie auch von Ort zu Ort wenig ändert.

Dadurch, daß bei fallendem Luftdruck Luft und damit auch Emanation aus dem Boden austritt, könnte eine größere Bodenstrahlung in dieser Zeit vorgetäuscht



Fig. 4. Fahrbare Zählrohranordnung

werden. Wie eine Überlegung zeigt, ist aber auch die Beobachtung eines solchen Einflusses bei Gammastrahlenmessungen nicht zu erwarten: Der Anteil der Luftstrahlung an der Gesamtstrahlung beträgt nur wenige Prozent¹³⁾. Dabei hat Emanation nur Alphastrahlung, so daß sie sich erst durch die Gammastrahlung später auftretender Zerfallsprodukte bemerkbar machen könnte. Wegen ihres geringen Anteils fällt aber auch diese noch unter die statistischen Schwankungen.

b) *Messungen auf verschiedenen geologischen Formationen.* Für die Messungen im Gelände wurden die Zählrohrapparatur mit Hochspannungsanlage und die Batterien in zwei Kästen auf ein Fahrrad gepackt und so an den einzelnen Meßpunkten aufgestellt (Fig. 4).

Um nicht durch einzelne Steine an der Erdoberfläche, die größere Aktivität besitzen können, gestört zu werden, wurde das Zählrohr in einer Höhe von 75 cm über dem Boden angebracht. So wurde ein besserer Durchschnittswert der Bodenstrahlung gemessen als in einer Höhe von wenigen Zentimetern. Eine Abnahme der Strahlung mit der Höhe findet ja über einer strahlenden Ebene nicht statt, solange die Absorption, wie hier in Luft, vernachlässigbar klein bleibt.

Mit dieser Anlage wurde wiederholt die Gammastrahlung über verschiedenen geologischen Formationen zwischen Erlangen und Marloffstein gemessen. Das Ergebnis ist aus Fig. 5a zu ersehen. Die geologischen Verhältnisse zeigt Fig. 5b.

Die Messungen wurden auf sechs geologischen Formationen ausgeführt. Meßpunkt 1 lag auf einer diluvialen Flugsanddüne (*dsd*) nordöstlich von Erlangen. Punkt 2 und 3 befanden sich auf Keuper, und zwar 2 auf Burgsandstein (K_{m6-8}) und 3 auf Knollenmergel (Zanklodonletten, K_{m9}). Punkt 4 war auf diluvialem Lößlehm (*dle*) nordöstlich von Spardorf. 5 und 6 lagen nordöstlich oberhalb Marloffstein auf Juraboden, und zwar Punkt 5 auf Lias _{$\beta + \gamma$} ($l_{\beta + \gamma}$) und 6 auf Lias _{δ} (l_{δ}). Der Lias besteht aus kalkführenden Tonmergelschiefern (siehe Geologische Karte von Bayern 1 : 25000, Blatt Erlangen-Nord).

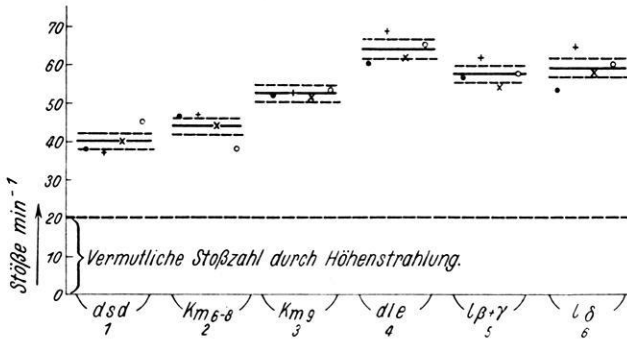


Fig. 5 a. Gammastrahlung auf verschiedenen geologischen Formationen

- Luftdruck : 0.982 Bar, steigend
- × Luftdruck : 0.979 Bar, fallend
- + Luftdruck : 0.986 Bar, gleichbleibend
- Luftdruck : 0.987 Bar, steigend

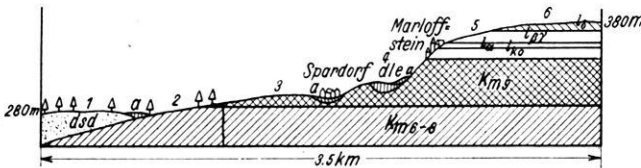


Fig. 5 b

Geologische Skizze nach: Geolog. Karte von Bayern 1 : 25000, Blatt Erlangen N.

Wie das Diagramm erkennen läßt, ist die Stoßzahl auf dem Lößlehm bei Spardorf mit 64 Stößen min^{-1} am größten, $l_{\beta + \gamma}$ und l_{δ} weichen hiervon nicht stark ab. K_{m6-8} und K_{m9} liegen zwischen diesen Werten und dem diluvialen Dünensand (*dsd*), der mit 40.1 Stößen min^{-1} bei diesen Messungen die geringste Strahlung aufwies.

Es wurde darauf geachtet, daß die Bodenbeschaffenheit an den verschiedenen Meßpunkten stets möglichst ähnlich war. Bei den Wiederholungen der Zählungen wurde der Meßpunkt in den einzelnen Formationen auf 5 bis 10 m am gleichen Ort wie das erstmal gewählt. Der Boden war mit wenig Gras bedeckt und durch die Bewachsung noch zu erkennen. Auf *dsd* wurde auf blankem Sand und auf Moos gemessen, um die Schwankung in der gleichen Formation festzustellen.

An fünf verschiedenen Punkten in Abständen von 80 m zeigte sich hier stets die gleiche Strahlung. Die Meßwerte (je 2 mal 5 min) wichen nicht mehr vom Durchschnitt ab, als statistisch zu erwarten war (Durchschnitt 43.5 min^{-1} , wahrscheinliche mittlere Schwankung in 5 min: $\pm 2.8 \text{ min}^{-1}$, beobachtete mittlere Schwankung der zehn Messungen $\frac{\sqrt{\Sigma d^2}}{10} = 2.1$). Eine Messung, die ungefähr 2 km südlich von diesem Ort auch auf *dsd* ausgeführt wurde, ergab die gleiche Stoßzahl.

War die Erdstrahlung auf dem Lößlehm schon doppelt so stark als auf dem diluvialen Dünsand, so wurde auf Granit eine noch größere festgestellt. Bei Messungen auf Granit im Fichtelgebirge wurden bis $90 \text{ Stöße min}^{-1}$ gezählt. Die Zusatzstrahlung war sonach hier fast viermal so groß als auf dem Dünsand bei Erlangen. Allerdings traten auf dem Granit an den verschiedenen Meßpunkten auch sehr große Unterschiede in der Strahlungsintensität auf. Nach dem zutage tretenden Gestein sowie nach der geognostischen Karte von Bayern wurden die Messungen am Ochsenkopf im Fichtelgebirge bestimmt alle auf Granit ausgeführt. Daß dennoch nicht nur um $90 \text{ Stöße min}^{-1}$, sondern bis zu 46 min^{-1} gezählt wurden, liegt offenbar an der verschieden starken Bedeckung des Gesteins. Von den sieben Meßpunkten zeigten Punkt 3 und 5 die geringste Strahlung. Diese lagen an Orten, wo der Felsen mindestens mit 60 cm schwarzer, humusreicher Verwitterungserde bedeckt war. Für kleine Bäche, die hier den Berg herabkamen, waren Gräben von dieser Tiefe ausgehoben. Dieser Boden strahlte sonach bedeutend weniger als Granit und schirmte dessen Strahlung ab. Bei Meßpunkt 2, der $90 \text{ Stöße min}^{-1}$ lieferte, stand die Zählrohrapparatur über bloßem Fels. Die übrigen Punkte waren mehr oder weniger mit Moos bedeckt. (Über einem Granitpflaster vor dem Physikalischen Institut wurden $80 \text{ Stöße min}^{-1}$ gezählt.)

Außer auf diesem Granit, einem sauren Eruptivgestein, wurde auch noch die Strahlung vor einer mächtigen Felswand aus Diabas bei Berneck gemessen. Während die Strahlung über Granit die stärkste war, die ich im Gelände fand, traf ich vor Diabas, einem basischen Eruptivgestein, die geringste an. Die Stoßzahl betrug hier nur 35 min^{-1} .

Zusammenfassend kann ich über die Messungen auf verschiedenen Böden sagen: Die Strahlung von diluvialen Dünsand war sehr gering im Vergleich zu lehmigem Boden und Lehm (*dle*). Die stärkste Strahlung wurde auf saurem Eruptivgestein, Granit, gemessen, während sie auf basischem Eruptivgestein, dem Diabas bei Berneck, am geringsten war. (Die durchdringende Strahlung von Ziegelwänden ist auch sehr stark. So ergab sich in $2\frac{1}{2}$ m Abstand von Kamine 50.9 ± 1.6 , zwischen den beiden 2 m voneinander entfernten Kaminen 58.5 ± 1.7 und 10 cm von dem einen entfernt $88.0 \pm 2.1 \text{ Stöße min}^{-1}$. Schuld an dieser Strahlung ist der Ton, der bei Spardorf auch am stärksten strahlte. Ton ist thoriumhaltig.)

Nehmen wir an, daß bei unseren Messungen die durch Höhen- und Eigenstrahlung verursachte Stoßzahl 20 min^{-1} betrug (Absorptionsmessungen mit Hg!),

so ergibt sich für die Strahlung über Sand ungefähr 20 min^{-1} , auf Lehm (*dle*) 45 min^{-1} , also das Doppelte bis Dreifache von *dsd* und auf Granit 70 min^{-1} , das ist das $3^{1/2}$ fache. Diese Zahlen sind in ungefährender Übereinstimmung mit den Werten, die an Gesteinsproben gefunden wurden¹⁴⁾.

c) Messungen an Verwerfungen und einem „Reizstreifen“. Nachdem auf verschiedenen Gesteinen Schwankungen der gesamten durchdringenden Strahlung im Verhältnis 1 : 2 festgestellt worden waren, wurde untersucht, ob auch an Verwerfungen oder über „Reizstreifen“ Besonderheiten der Strahlung beobachtet

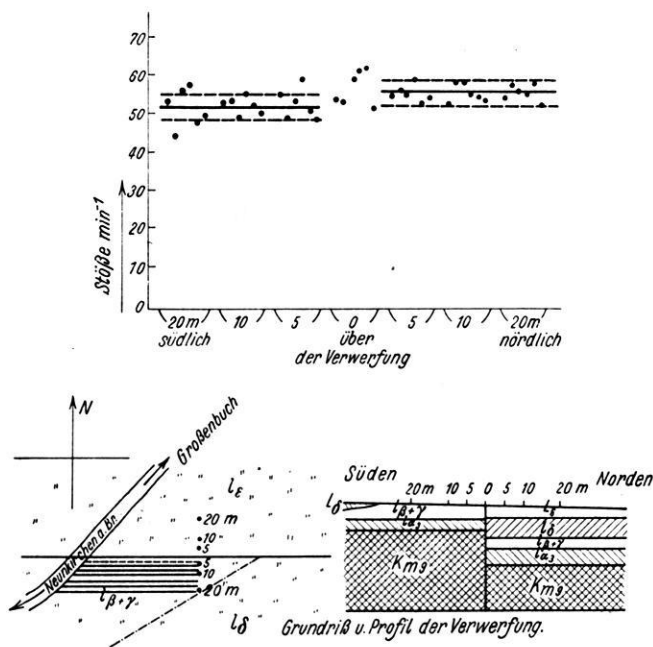


Fig. 6. Gammastrahlung über der Verwerfung bei Neunkirchen a. Br.

werden können. Es wurde zunächst an einer Verwerfung bei Neunkirchen a. Br. an zwei verschiedenen Stellen gemessen. Die eine Messung wurde 1 km nordwestlich von Neunkirchen ausgeführt. Dort stößt $Lias_{\alpha}$ an $Lias_{\delta}$. An der anderen Meßstelle, $1^{1/2}$ km östlich von Neunkirchen, liegen $L_{\beta+\gamma}$ und L_{α} nebeneinander. Die Meßpunkte lagen in Abständen von 20, dann von 10 m, so daß sicher auch in nicht größerer Entfernung als 10 bzw. 5 m von der Verwerfung gemessen wurde. Auf den Meter genau konnte die Verwerfung nicht festgestellt werden, da keine Aufschlüsse vorhanden waren. Doch ließ sie die geologische Karte von Bayern, Blatt Erlangen-N., Maßstab 1 : 25000 auf 10 m genau finden.

Das Ergebnis der Messungen war: Die Strahlung an den Punkten, die der Verwerfung am nächsten lagen, unterschied sich nicht im geringsten von der der

übrigen Punkte. (Die Strahlung auf den beiden aneinanderstoßenden Formationen war gleich.)

An einem Wege 1 km östlich von Neunkirchen war uns die Lage der Verwerfung genau bekannt. Messungen, die hier in Abständen von 5 m ausgeführt wurden, zeigten weder in der Nähe, noch unmittelbar auf der Verwerfung eine Änderung der Strahlung, die die wahrscheinliche Schwankung überstiegen hätte (Fig. 6). Dabei wurde an jedem Punkt sechsmal 5 min, also zusammen $1\frac{1}{2}$ Stunde gemessen.

Bei Goldkronach im Fichtelgebirge wurden Messungen in der Nähe einer besonders großen Verwerfung ausgeführt. Es grenzt hier Keuper an Urgestein (Gneis). Die Strahlung lieferte auf fünf Punkten im Durchschnitt 57.7 Stöße min^{-1} . Keuper und Gneis wichen dabei nicht merklich voneinander ab. An dem Punkt im Gneis, welcher der Verwerfung am nächsten lag, wurden 57.8 Stöße min^{-1} gezählt, also genau der Durchschnitt aller Zählungen.

Alle diese Messungen wurden an Verwerfungen ausgeführt, die von Geologen nachgewiesen sind. Die Verwerfung bei Neunkirchen a. Br. ist auch vom Rutengänger beobachtet. Besonderheiten der durchdringenden Strahlung an Verwerfungen wurden also nicht gefunden, im Gegensatz zu den erwähnten Arbeiten^{1) 20)}. Weitere Untersuchungen in dieser Richtung wären deshalb wünschenswert.

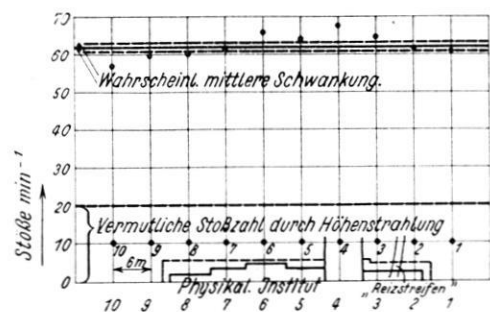


Fig. 7. Gammastrahlung vor dem Physikalischen Institut der Universität Erlangen

den Ruteneffekt verspürt. Er vermutet eine „Wasserader“ in ungefähr 10 m Tiefe. Eine Nachprüfung durch Bohrung fand nie statt. Da diese Stelle von Herrn K. auch jetzt wieder auf den Meterbruchteil genau angegeben wurde, konnte versucht werden, hier etwaige „Wüschelruteneffekte“ mit dem Zählrohr zu finden.

Bei einer Messung auf einer zum „Reizstreifen“ senkrechten Geraden in Abständen von 6 m (an zehn Meßpunkten je achtmal 5 min) war dort nichts Besonderes zu bemerken. Wohl aber zeigte sich gegen den Eingang des Instituts ein Anwachsen der Stoßzahlen. An dieser Stelle bestand die Hauswand aus Backsteinen, welche sehr stark strahlen (Fig. 7).

Ferner wurden Messungen auf einer zur Hauswand parallelen, zur „Wasserader“ senkrechten Geraden auf 75 cm voneinander entfernten Punkten ausgeführt. Der Wert jenes Punktes, der genau in der Mitte über der „Wasserader“ lag,

Hinsichtlich eines „Reizstreifens“ wurden Messungen auf dem Grundstück des Physikalischen Instituts der Universität Erlangen ausgeführt. Hier hat Herr K., ein geübter Wüschelrutengänger, vor einigen Jahren

die durchdringende Strahlung an Verwerfungen wurden also nicht gefunden, im Gegensatz zu den erwähnten Arbeiten^{1) 20)}. Weitere Untersuchungen in dieser Richtung wären deshalb wünschenswert.

stimmte genau mit dem aus allen Messungen ermittelten Durchschnitt überein (Fig. 8). Dabei wurde an jedem der sieben Meßpunkte viermal 5 min gezählt.

Als sich die Meßpunkte 1 m voneinander entfernt auf zwei parallelen Geraden befanden (Fig. 9), lag von zwei Meßpunkten am Rande des „Reizstreifens“ der eine soviel über dem Durchschnitt, wie der andere darunter. Ein dritter Punkt befand sich in der Mitte des „Reizstreifens“, wo die Strahlung am stärksten sein soll. Er wich wie die beiden ersten nicht mehr als die wahrscheinliche Schwankung vom Durchschnitt ab. Für die Meßpunkte 1 bis 6 und 7 bis 12 wurde je ein Durchschnitt berechnet, weil die eine Meßgerade näher an der Hauswand lag als die andere. Es zeigte sich auch, daß hier die Stoßzahl größer war als auf der anderen: 62.5 ± 0.59 gegen 60.5 min^{-1} , also dreimal mehr als die statistische mittlere Schwankung erwarten ließ.

Die Messungen zeigen, daß an Orten, an denen nach Angaben des Wüschelrutengängers Reizwirkungen auftreten sollen, in der durchdringenden Strahlung keine Besonderheiten festzustellen sind.

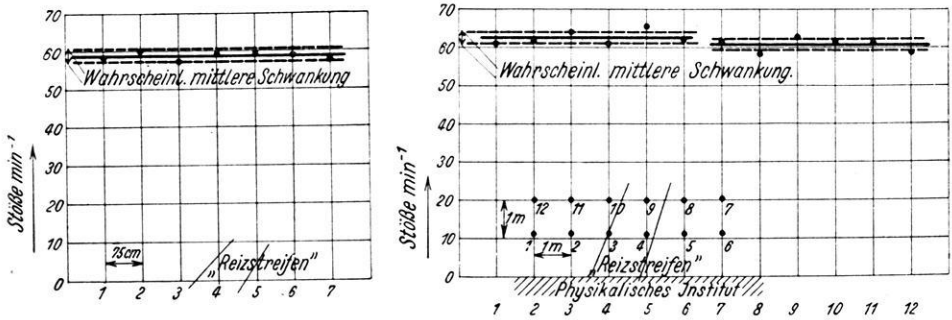


Fig. 8 und 9. Gammastrahlung über dem „Reizstreifen“ vor dem Physikalischen Institut

Nachdem dort, wo Herr K. den Wüschelruteneffekt festgestellt hatte, mit dem Zählrohr sich nichts hatte finden lassen, war Herr K. so liebenswürdig, noch den umgekehrten Versuch auszuführen: Er versuchte Radiothor mit der Rute zu finden. Es handelte sich um ungefähr 0.05 mg Radiumäquivalent, das in 2 m Entfernung noch 45 Stöße min⁻¹ zusätzlich am Zählrohr verursachte. Er überschritt mit verschiedenen Ruten das Präparat sowohl im Zimmer wie im Freien. Er konnte aber, obwohl er die Lage der RaTh-Probe wußte, keinen Ruteneffekt feststellen. Im Freien glaubte er eine geringe Wirkung zu spüren. Sie war aber so schwach, daß er es selbst für aussichtslos hielt, damit etwas zu finden.

Eine „Erdstrahlung“ ähnlich der Gammastrahlung radioaktiver Elemente kommt sonach nicht als Ursache des Wüschelruteneffektes in Betracht.

Ob der Unterschied der durchdringenden Strahlung, der mit der Höhenstrahlung mindestens im Verhältnis 1 : 2 von Ort zu Ort auftreten kann, noch eine biologische Wirkung hat, kann ich nicht beurteilen. Untersuchungen des Einflusses der kosmischen Ultrastrahlung auf die Mutationsrate von Antirrhinumpflanzen

wurden 1984 von Stubbe auf dem Jungfrauoch ausgeführt [Naturw. 22, 260 (1984)]. Das Ergebnis ist mir noch nicht bekannt. Es wären wohl auch Untersuchungen wünschenswert über die biologische Wirkung verschieden starker Bodenstrahlung.

In einer zusammenfassenden Arbeit: „Über die Natur der Genmutation und der Genstrukturen“, die 1935 in den „Nachrichten der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen“ erschienen ist, wird von „strahleninduzierten Mutationsprozessen“ bei Tauflieden berichtet. Es hat sich gezeigt, daß durch Röntgen- oder Gammastrahlen die Mutationsrate bedeutend erhöht werden kann. 350 r haben die Mutationsrate, die ohne Bestrahlung 1 bis $2^0/_{00}$ betrug, verzehnfacht. Bei stärkerer Bestrahlung stieg sie unabhängig von der Wellenlänge mit der angewandten Dosis.

Da die durchdringende Strahlung im Gelände im Jahre erst ungefähr 10^{-2} r ergibt, ist nicht anzunehmen, daß sie die Mutationsrate beeinflusst.

III. Beiläufige Messungen der elektrischen Feldstärke im Gelände

a) Außer einer durchdringenden Strahlung wurde auch eine örtliche Verschiedenheit des elektrischen Feldes oberhalb des Erdbodens als Ursache des Wüschelruteneffektes angegeben. Wir geben zunächst das Wesentliche verschiedener Arbeiten hierüber wieder.

Lehmann⁷⁾ und Aigner¹⁵⁾ ließen Rutengänger durch künstliche, inhomogene Felder gehen und schließen aus dem Ergebnis solcher Versuche, daß Feldänderungen den Ruteneffekt bewirken können. Buth¹⁶⁾ versucht eine physikalisch-physiologische Erklärung zu geben.

Über den Stellen, an denen der Ruteneffekt auftritt, soll das elektrische Feld meistens geringer sein als im übrigen Gelände.

Darüber, wie der Unterschied des elektrischen Feldes über „Reizstreifen“ gegenüber dem übrigen Gelände zustandekommen soll, bestehen verschiedene Auffassungen.

Buth nimmt an, daß im Boden strömendes Wasser eine Ladungstrennung bewirkt (Strömungselektrizität) und diese das normale Feld stört. Eine Störung des luftelektrischen Feldes durch diese geringfügigen elektrischen Erscheinungen erscheint uns wenig wahrscheinlich.

Nach Lehmanns Messungen soll die Leitfähigkeit der Luft über den „Reizstreifen“ größer sein als im ungestörten Gelände. Dies würde die kleinere elektrische Feldstärke erklären können. Die höhere Leitfähigkeit konnte er allerdings nur bei windstillem Wetter feststellen, während bei Wind kein merklicher Unterschied gefunden wurde. Lehmann gibt als Ursache der erhöhten Leitfähigkeit über Wasseradern verschiedene Erklärungen:

1. „Kann bei jedem Wetter ein radioaktiver Beischluß im Aderwasser (Emanation) die genannte Wirkung ausüben.“

2. „Kann bei feuchtem Wetter die naturgemäß jetzt größere Verdunstung über Wasseradern im Vergleich zur trockeneren Umgebung einen Teil der be-

kanntlich fast immer negativen Oberflächenladung in den Luftraum darüber erheben. Wir haben dann über dem Erdboden als Äquipotentialfläche eine verringerte Feldstärke mit gehobenen Äquipotentialflächen zu erwarten.“ Dieser Satz ist uns nicht verständlich.

Für langdauernde Dürreperioden gibt Lehmann eine besondere Erklärung, weil in solchen Zeiten das elektrische Feld der Atmosphäre besonders stark gestört sein soll: Er betrachtet die ausgetrocknete Erde als relativ guten Isolator, in den die Wasseradern wie Kabel eingebettet seien. Eine den Berg herabfließende Wasserader bilde daher nahezu eine Äquipotentiallinie. Die Ader solle ein Potential annehmen, das einem Durchschnittswert der ungestörten Potentiale im Gebiet der ganzen Ader entspreche. Sie werde deshalb an ihrem unteren Ende die Äquipotentialflächen senken und am oberen Ende heben.

Aus dieser Erklärung würde auch folgen, daß über einer „Wasserader“ das Feld nicht immer nur geringer, sondern am oberen Ende der „Ader“ auch stärker als im ungestörten Raum und in einer mittleren Gegend unverändert sein kann.

b) Wenn der Ruteneffekt durch elektrische Feldstärkeunterschiede bedingt sein soll, besteht die Frage, wie groß sie sein müßten: erstens, um überhaupt auf den Rutengänger zu wirken, und zweitens, damit örtliche von zeitlichen Schwankungen unterschieden werden können. Aus einem Bericht V. Aigners kann geschlossen werden, wie groß die Feldstärkeunterschiede sein müssen, um auf den Rutengänger zu wirken. Er brachte in 2.5 m Höhe Metallplatten an, von denen er der ersten ein Potential von + 300 Volt, der nächsten 0 Volt und der dritten wieder + 300 Volt gegen Erde gab. Die elektrischen Felder unterschieden sich daher, wenn niemand in ihnen stand, um je 120 Volt/m. Wenn Rutengänger von einer Platte unter eine andere gingen, soll der Ruteneffekt beobachtet worden sein. Die Ursache wird in dem Durchschreiten verschiedener Feldstärken gesucht. Wie groß waren nun diese Feldstärkeunterschiede? Aus der angelegten Spannung und dem Abstand Platte : Erde ergeben sich 120 Volt/m. Wenn aber ein Rutengänger unter den Metallplatten stand, war der nichtleitende Abstand der Elektroden des künstlichen Feldes bedeutend verringert, so daß die Feldstärke zwischen dem Kopf des Rutengängers und der Metallplatte ein Vielfaches des ursprünglichen Feldes betrug. Aus Aigners Versuchen ist zu schließen, daß, falls die wechselnde Feldstärke die Ursache des Ruteneffektes war, erst Unterschiede von mehreren 100 Volt/m auf kürzestem örtlichen Abstand die Wirkung ergaben.

Bei diesen Versuchen wurde der Rutengänger durch Felder geschickt, die örtlich sehr stark verschieden waren, sich aber zeitlich nicht änderten. Im Freien sind jedoch derartige schroffe Wechsel nicht anzunehmen und überdies treten auch zeitliche Schwankungen der elektrischen Feldstärke schon innerhalb einiger Sekunden auf¹⁷⁾. Nach eigenen Beobachtungen betragen diese Änderungen häufig einige 10 Volt/m in der Minute. Da der Rutengänger durch diese Schwankungen anscheinend nicht beeinflußt wird, müßte angenommen werden, daß er in wenigen Sekunden, also auf wenige Meter im Gelände, Felder durchschreitet, die

sich örtlich merklich stärker unterscheiden, als sie sich zeitlich ändern. Es wären dann Feldstärkeunterschiede von über 100 Volt/m zwischen gestörtem und ungestörtem Gelände auf wenige Meter Abstand zu fordern.

Lehmann gibt über unterirdischen „Wasseradern“ solche Unterschiede an. Leider hat er bei seinen Nachprüfungen der Rutenangaben durch Bohrungen neben den „Reizstreifen“ fast keine Bohrungen ausführen lassen. Es ist daher doch nicht einwandfrei festgestellt, daß es sich bei den „Reizstreifen“ um „Wasseradern“ und nicht um Grundwasser handelte.

Wir führten nun an der Verwerfung bei Neunkirchen a. Br., die vom Geologen nachgewiesen ist und auch vom Rutengänger verspürt wird, Feldstärkemessungen mit radioaktiven Sonden und Elektrometer aus, um festzustellen, ob hier eine luftelektrische Störung der geforderten Größe vorhanden ist.

Zwei Poloniumsonden waren an den Enden zweier waagerechter Messingrohre mit 90 cm senkrechtem Abstand befestigt. Die untere Sonde befand sich 25 cm

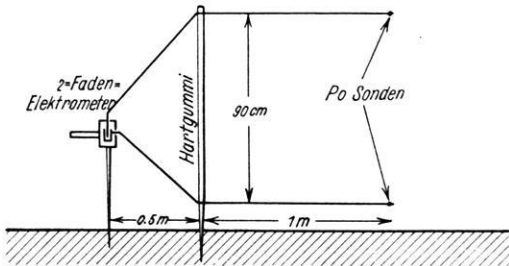


Fig. 10. Anordnung von Sonden und Elektrometer für elektrische Feldstärkemessungen im Gelände

das Elektrometer, an dem ein Beobachter am Boden sitzend die Spannung ablas (Fig. 10). Das Elektrometer war in 13 sec auf die zu messende Spannung aufgeladen.

An der Verwerfung bei Neunkirchen a. Br. ist das Gelände zu Feldstärkemessungen geeignet. Es ist dort nur ganz schwach von Süden nach Norden fallend und fast eben. Bäume befinden sich erst in so großer Entfernung, daß sie den Verlauf der Äquipotentialflächen nicht mehr stören. Zu den Messungen war ein Elektrometer ständig am gleichen Ort 10 m südlich der ost-westwärts verlaufenden Verwerfung aufgestellt. Mit einer genau gleichen Anordnung von Sonden und Elektrometer wurde zunächst am gleichen Ort die Feldstärke längere Zeit verglichen, um die Übereinstimmung der Angaben beider Apparate zu prüfen. Anschließend wurde in verschiedener Entfernung von der Verwerfung und unmittelbar auf ihr gemessen. Diese Meßreihe wurde nach Auswechseln der Elektrometer bzw. der Sonden und ihrer Halter mehrmals wiederholt. Die Beobachter saßen stets in der gleichen Stellung am Elektrometer, so daß sie den Feldverlauf wenig und stets in der gleichen Weise störten.

über dem Boden. Gelegentlich wurde auch mit 50 cm Sondenabstand und 75 cm Bodenabstand der unteren Sonde gemessen. Die 5 mm starken, im langen Messingrohre, die auch als Zuleitung zum 2-Fadenelektrometer dienten, wurden von einem Hartgummistab, der mit einer Eisenspitze in den Boden gesteckt wurde, gehalten. $\frac{1}{2}$ m hinter dem Hartgummistab, also $1\frac{1}{2}$ m hinter den Sonden, stand

Wenn über der Verwerfung eine Störung des elektrischen Feldes vorliegen würde, müßte über ihr das Verhältnis E_1/E_2 ein Extremwert sein. E_1 bedeutet die in der Nähe und über der Verwerfung und E_2 eine stets am gleichen Ort (10 m südlich der Verwerfung) gemessene Feldstärke.

Wir bringen das Ergebnis eines Meßtages (September, wolkenloser Himmel, schwacher Südwind). In fünf Meßreihen wurde auf einer zur Verwerfung senkrechten Geraden an neun Punkten in verschiedener Entfernung der Verwerfung je dreimal gemessen.

Die örtlichen Unterschiede betragen (Fig. 11) rund 20 Volt/m, wobei der niedrige Wert offensichtlich nur durch eine geringe Unebenheit des Geländes (einen ungefähr 30 cm tiefen Wegeinschnitt) bedingt ist.

Eine Feldstärkemessung über dem im Teil II Bc erwähnten „Reizstreifen“ scheiterte daran, daß hier 2 bis 3 m neben dem Haus zwischen Büschen überhaupt kein Feld festzustellen war. Die Reaktion, die der Rutengänger hier verspürt, kann also sicher nicht durch

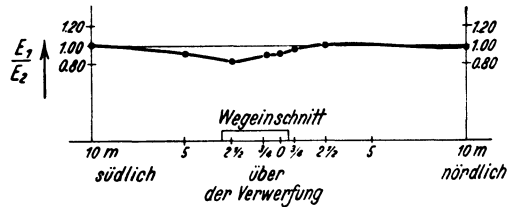


Fig. 11. $\frac{E_1}{E_2}$ in verschiedener Entfernung der Verwerfung bei Neunkirchen a. Br.

eine von der „Wasserader“ bedingte elektrische Feldstörung hervorgerufen sein. Da übrigens Herr K. seinen Ruteneffekt auch in Zimmern, ja sogar im Eisenbahnwagen, also im schönsten Faradaykäfig spürt, handelt es sich bei ihm unmöglich um eine Störung des elektrischen Feldes.

c) Häufig wird angenommen, daß eine aus der „Wasserader“ austretende Emanation oder eine Strahlung die Luft ignisiert, so daß das elektrische Feld zusammenbricht. Schon bei schwachem Wind würde aber die ionisierte Luft so schnell verweht, daß keine so scharf begrenzten „Reizstreifen“, wie sie die Rutengänger behaupten, gefunden werden könnten. Eine durchdringende Strahlung ähnlich der Gammastrahlung radioaktiver Elemente kann überdies nicht diese Ionisation bewirken; denn wie die Messungen im Teil II zeigen, ist eine solche nicht vorhanden. Außerdem zeigten Versuche mit Radiothorproben im Gelände, daß unter der Wirkung einer solchen Strahlung möglicher Größenordnung das luftelektrische Feld gar nicht nennenswert verändert wird.

Die Erklärung der Feldstärkestörung, nach der an Orten des Ruteneffektes der Boden ein anderes Potential haben soll als einige Meter nebenan, erscheint ebenfalls unbefriedigend.

Dieser Potentialunterschied müßte mindestens dem oben geforderten Unterschied des luftelektrischen Feldes entsprechen. Es müßte also zwischen Punkten, die nur wenige Meter voneinander entfernt sind, eine Spannung von 100 und mehr Volt bestehen. Bei feuchtem Boden ist aber die Leitfähigkeit so groß, daß der-

artig große Spannungen ohne großen Energieaufwand nicht bestehen können. Bei besonders trockenem Wetter und gut isolierendem Boden scheint es zwar nicht ausgeschlossen, daß eine „Wasserader“ von merklich anderem Potential als ihre Umgebung aus geringer Tiefe unter der Erdoberfläche das luftlektrische Feld beeinflusst. Die Frage ist nur, woher soll die „Wasserader“ das andere Potential haben? Lehmann betrachtet die „Wasserader“ als Äquipotentiallinie, die das Potential eines ungestörten Punktes von ihrem Laufe besitzt. Wenn dann die „Ader“ irgendwo ein anderes Potential haben soll als ihre Umgebung, muß sich das Potential des Bodens von Ort zu Ort ändern, wie es Lehmann in seinen Fig. 32 bis 35 gezeichnet und Seite 48 beschrieben hat. Es handelt sich hier um eine Voraussetzung, die nur bei Dürreperioden vielleicht erfüllt ist. Da diese selten sind, kommt diese Erklärung der Feldstörung nur in Einzelfällen in Betracht und läßt sich nur selten experimentell nachprüfen.

Bei seinen Versuchen Nr. 7 bis 10 findet Lehmann über der „Wasserader“ nur ein Siebentel der Feldstärke des ungestörten Geländes. Obwohl bei diesen Messungen die Hochspannungsleitung bestimmt beträchtlich zur Feldschwächung beigetragen hat, glauben wir in Übereinstimmung mit Lehmann nicht, daß sie allein die Ursache darstellt. Wir haben in einem ebenen, nicht durch Bäume oder sonstige Erhebungen gestörten Gelände unter einer Gleichstromfreileitung (+ 220, 0, — 220 Volt) senkrecht unter den Drähten die luftlektrische Feldstärke gemessen. Der Meßpunkt lag in der Mitte zwischen den beiden 46 m voneinander entfernten, 8 m hohen Leitungsmasten. Die Feldstärke war hier um ein Drittel geringer als 30 m von der Leitung entfernt. Bei Lehmann war auch der eine Meßpunkt um die vierfache Höhe der Drähte von ihnen seitlich entfernt, während der andere sich fast genau darunter befand. Wegen der ähnlichen räumlichen Anordnung wird dort die Feldstörung nicht viel anders gewesen sein als bei uns. Die von Lehmann über „Wasseradern“ angegebene Feldschwächung ist danach tatsächlich überraschend.

Außer Lehmann schreibt auch P. E. Dobler¹⁶⁾, er habe über „Wasseradern“ geringere elektrische Feldstärken gemessen als nebenan. Aus seinen Zeichnungen ist aber zu ersehen, daß er in unmittelbarer Nähe einer Hecke gemessen hat, durch welche sicher eine große Störung des Feldes bedingt ist.

V. Aigner untersuchte (nach de Vita) mit einem Verstärker mit Schirmgitterröhre und Antenne elektrische Feldstärken im Gelände. Kommt die Antenne von einem Potential in ein anderes, so kann am Steuergitter eine Spannung induziert werden, die den Anodenstrom sperrt. Eine Bewegung der Antenne nach oben oder unten in einem Felde, das durch den Beobachter und die Apparatur gestört ist, kann auch diese Folge haben. Wir halten aus diesem Grunde Messungen mit dieser Anordnung noch für unsicher und eine Auswertung von Versuchsergebnissen für verfrüht.

Messungen des magnetischen Erdfeldes wurden verschiedentlich über „Reizstreifen“ ausgeführt. Doch ließen diese auch noch keinen sicheren Schluß zu auf

einen Zusammenhang des Magnetfeldes mit dem Ruteneffekt. Letzterer ist nach wie vor völlig ungeklärt.

Jedenfalls ziehen wir aus unseren Messungen den Schluß, daß der Ruteneffekt in den uns bekannten Fällen nicht durch eine durchdringende Strahlung oder eine Störung des lufterlektrischen Feldes bedingt ist.

IV. Zusammenfassung.

1. Es wird eine tragbare Zählrohanordnung beschrieben, mit der Messungen der durchdringenden Strahlung im Gelände ausgeführt wurden. Die gemessene Gammastrahlung der Thorium- und Uran-Zerfallsprodukte kommt jedoch nur aus einer rund 50 cm dicken Bodenschicht.

2. Messungen der durchdringenden Strahlung im Gelände ergaben über verschiedenen Böden Unterschiede im Verhältnis 1 : 2,5, für die Bodenstrahlung allein (ohne Höhenstrahlung) 1 : 4.

3. Über Verwerfungen und einer „Wasserader“ wurde kein Unterschied gegen die Umgebung festgestellt. Eine durchdringende Strahlung, ähnlich der Gammastrahlung radioaktiver Elemente, kann sonach nicht die Ursache des Ruteneffekts sein.

4. Beiläufig wird auch die Auffassung behandelt, nach welcher der Ruteneffekt durch eine Störung der lufterlektrischen Feldstärke bedingt sein soll. Messungen der Feldstärke über einer Verwerfung zeigten keine Besonderheiten der Feldstärke. Da außerdem „Wasseradern“ von Rutengängern an Orten festgestellt werden, wo kein elektrisches Feld vorhanden ist, kann eine Störung desselben nicht die Ursache des Ruteneffektes darstellen.

Herrn Prof. Dr. B. Gudden bin ich für die Anregung zu dieser Arbeit und für ständige Hilfe bei der Durchführung zu größtem Dank verpflichtet.

Herrn Prof. Dr. v. Freyberg und L. Krumbeck danke ich für geologische Auskünfte, Herrn Oberstudienrat Dr. A. Wendler und Herrn Forstmeister i. R. Kelber für mannigfache Unterstützung.

Der Telephon-Apparatefabrik E. Zwietusch u. Co. danken wir für Überlassung von zwei Gesprächszählern; die benötigten Mittel für die Untersuchung stammen größtenteils von Beihilfen, die das Institut von der T. K. D. Nürnberg erhalten hat.

Literatur

- 1) J. N. Hummel: Handb. d. Experimentalphys. XXV, T. 3 (1930).
- 2) V. Masuch: Zeitschr. f. Geophys. **10**, 112 (1934).
- 3) W. Kolhörster: Phys. Zeitschr. **27**, 62 (1926).
- 4) Geiger u. Müller: ebenda **29**, 839 (1928).
- 5) Burger Scheidlin: Ann. d. Phys. **12**, 283 (1932).
- 6) W. Schulze: Zeitschr. f. Phys. **78**, 92 (1932).
- 7) G. Lehmann: Über die Prüfung von Blitzzeinschlägen an gewissen Stellen von Hochspannungsleitungen. Dissertation Dresden 1932.
- 8) W. Vogt: Phys. Zeitschr. **34**, 79 (1933).

- ⁹⁾ E. Schopper: Zeitschr. f. Phys. **93**, 1 (1933).
¹⁰⁾ E. Mach: Anzeiger d. Wiener Akad. 1876.
¹¹⁾ K. W. F. Kohlrausch: Handb. d. Experimentalphys. XV.
¹²⁾ Pahl u. Hasemann: Naturw. **23**, 318 (1935).
¹³⁾ E. G. Steinke: Ergebn. d. exakt. Naturw. XIII, S. 129 (1934).
¹⁴⁾ G. Kirsch: Geologie u. Radioaktivität 1928.
¹⁵⁾ V. Aigner: Bericht über die Untersuchungen der objektiven Wüschelrute nach de Vita 1932.
¹⁶⁾ Buth: E. T. Z. LI, S. 1171 (1930).
¹⁷⁾ K. Kähler: Einführung in die atmosphärische Elektrizität 1929.
¹⁸⁾ P. E. Dobler: Physikalischer und photographischer Nachweis der Erdstrahlen. Franken-Verlag Sommer u. Schorr, 1929.
¹⁹⁾ J. N. Hummel: Nachrichten von der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen **1**, 73 (1935).
²⁰⁾ G. Suckstorff: Zeitschr. f. Geophys. **11**, 95 (1935).

Über die Verwendung verschiedenartiger Explosionen zur Erregung seismischer Wellen

Von St. von Thyssen — (Mit 8 Abbildungen)

Zuerst werden einige für die praktische Sprengseismik wichtige sprengtechnische Gesichtspunkte erörtert. Versuche zur Erregung elastischer Wellen mit Hilfe der aufgespeicherten Energie komprimierter Gase und in Stahlrohre eingeschlossener Treibmittel werden beschrieben. Es ergibt sich, daß der „seismische Wirkungsgrad“ von brisanten Sprengstoffen bei der Überführung der Sprengkraft in seismische Energie gering ist. Es wird ferner gezeigt, daß die Explosion von verhältnismäßig geringen, in Stahlrohre eingeschlossenen Mengen Schwarzpulver genügt, um brauchbare Reflexions-Seismogramme zu erzeugen.

I. Allgemeiner Teil. In der einschlägigen Literatur findet sich verhältnismäßig wenig Material, welches die Vorgänge, die sich unmittelbar bei der Erzeugung von elastischen Wellen im Boden vermittelt künstlicher Erdbeben abspielen, behandelt. Man hat sich im allgemeinen damit abgefunden, die künstlichen Erdbeben auf die einfachste Art durch die Explosion*) von Sprengstoffen zu erzeugen, ohne aber gerade die für die Sprengseismik oft wichtigen sprengtechnischen Gesichtspunkte besonders zu berücksichtigen. Für die Zwecke der kleinen Seismik will man bekanntlich insbesondere longitudinale elastische Wellen innerhalb eines bestimmten Frequenzbereiches erzeugen, während man bei Spreng-

*) Die bei der Explosion entwickelte Energie wird, soweit sie nicht für andere Arbeitsleistung verbraucht wird, auf das umgebende Medium (Luft, Erde, Wasser usw.) übertragen. Diese Übertragung geschieht nicht etwa durch die direkte Massenbewegung, das Abströmen oder den statischen Druck der entwickelten Gase, sondern kommt vielmehr dadurch zustande, daß die dem Sprengstoff zunächstliegende Schicht des Mediums stark zusammengedrückt wird. Die Kompression überträgt sich dann auf weitere Schichten, so daß sie die Form einer stets größer werdenden Kugelschale annimmt.