

## Werk

**Jahr:** 1929

**Kollektion:** fid.geo

**Signatur:** 8 GEOGR PHYS 203:5

**Digitalisiert:** Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

**Werk Id:** PPN101433392X\_0005

**PURL:** [http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X\\_0005](http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0005)

**LOG Id:** LOG\_0033

**LOG Titel:** Bericht über den jetzigen Stand der Untersuchungen über die durchdringende Höhenstrahlung

**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](mailto:gdz@sub.uni-goettingen.de)

Als mittleren Fehler des Mittelwertes erhalten wir aus der letzten Spalte für  $dc = \pm 0.0001$  sec. Als Fehler in der Schwingungsdauer bekommen wir bei einem Koinzidenzintervall von 45 sec für  $dT$  somit einen Fehler von  $\pm 1.2 \cdot 10^{-8}$  sec, was in  $dg$  einem Fehler  $< 0.1$  mgal entspricht. Dabei war die volle Empfindlichkeit der Methode noch gar nicht ausgenutzt, da der Abstand Spalt-Pendelspiegel und Pendelspiegel-photographische Platte nur 83 cm betrug.

Jena, Reichsanstalt für Erdbebenforschung.

---

## Bericht über den jetzigen Stand der Untersuchungen über die durchdringende Höhenstrahlung.

Von K. Wölken.

Im Nachstehenden soll über die Ergebnisse einiger neuerer Arbeiten über die durchdringende Höhenstrahlung berichtet werden. Seit dem Erscheinen der letzten zusammenfassenden Darstellungen<sup>1)</sup> über diesen Gegenstand sind sehr wesentliche Fortschritte erzielt.

**I. Natur der durchdringenden Höhenstrahlung.** Bis vor kurzem war man noch allgemein geneigt, die durchdringende Höhenstrahlung als Ultra- $\gamma$ -Strahlung zu betrachten. Nach den Versuchen von Bothe und Kolhörster<sup>2)</sup> ist die Möglichkeit einer Korpuskularstrahlung wieder mehr in den Vordergrund gerückt. Bothe und Kolhörster untersuchten die Höhenstrahlung mit Hilfe des Elektronenzählrohres nach Geiger und Müller<sup>3)</sup>. Dies besteht aus einem Metallrohr, das durch zwei isolierende Stopfen verschlossen ist, und in dem ein Draht mit einer dünnen Isolierhaut (z. B. Oxydschicht) axial gespannt ist. Die Dimensionen des Rohres variieren: Durchmesser etwa  $\frac{1}{2}$  bis 3 cm; Länge 1 oder mehrere Dezimeter. An Draht und Rohr wird eine Spannung gelegt, die über der Durchbruchsspannung bei blankem Draht ohne Isolierschicht liegt. Wird durch eine äußere Strahlung aus dem Metallmantel ein Sekundärelektron ausgelöst, so erfolgt eine Entladung, die aber sofort wieder durch die Wirkung der Isolierhaut in einer bisher noch nicht genügend geklärten Weise abgebremst wird. Es gelingt so, für jedes im Metallrohr ausgelöste Elektron in der Registriervorrichtung einen Impuls zu erhalten. Als auslösende Strahlung wirkt außer der Höhenstrahlung die  $\gamma$ -Strahlung der radioaktiven Beimengungen in der Umgebung (Rohrwände, Luft, Boden, Zimmerwände).

Zur Trennung beider wird meistens die Koinzidenzmethode benutzt, d. h. es wird die Anzahl der gleichzeitigen Impulse gezählt, die von zwei benachbarten, aber getrennt aufgestellten Zählrohren verursacht werden. Als gleichzeitig werden Impulse bezeichnet, die innerhalb 0.01 sec erfolgen. Als Ursache solcher Koinzidenzen neben den anderen zeitlich verschiedenen Impulsen der beiden

Zählrohre wird ein durch die primäre Strahlung ausgelöstes Elektron hoher Geschwindigkeit angesehen, das beide Zählrohre durchsetzt. Nach einem Vortrag des Herrn Bothe, gelegentlich der Physikalischen Vortragswoche an der Eidgen. Techn. Hochschule in Zürich im Juli dieses Jahres, zeigten sich bei Versuchen im Staßfurter Steinsalzwerk bei einer Reststrahlung von 5.5 Impulsen pro Minute in jedem der beiden Zählrohre überhaupt keine Koinzidenzen mehr. Elektronen, die durch die sehr kurzwelligen RaC- $\gamma$ -Strahlen ausgelöst werden, veranlassen nach Bothe und Kolhörster gleichfalls Koinzidenzen in benachbarten Zählrohren. Beim Einschalten dünner Al-Folien bis zu 1 mm Dicke als Absorber zwischen die Zählrohre nimmt die Koinzidenzzahl ab, und zwar so, wie es das bekannte Durchdringungsvermögen solcher Sekundärelektronen verlangt. Die Messungen mit Höhenstrahlung als Primärstrahlung ergaben, daß beim Zwischenschalten eines 4.1 cm dicken Goldblockes noch keine merkliche Abnahme der Anzahl der Koinzidenzen eintritt, wenn (bei Beobachtungen im Erdgeschoß) nur der durch 100 cm Beton + Panzer von 6 cm Pb + 5 cm Fe stark gefilterte harte Anteil der Höhenstrahlung als Strahlungsquelle dient. Wird jedoch im Freien die durch die Luft und Rohrwand nur schwach gefilterte Höhenstrahlung untersucht, so ergibt sich aus der Abnahme

der Koinzidenzzahl ein Absorptionskoeffizient  $\frac{\mu}{\rho} = (3.6 \pm 0.5) \cdot 10^{-3} \text{ cm}^{-1}$ ,

der nicht wesentlich von demjenigen abweicht, der mit Ionisationskammern für die Höhenstrahlung selbst gemessen wurde. Es zeigen also die durch die Höhenstrahlung ausgelösten Sekundärelektronen annähernd das gleiche Durchdringungsvermögen, wie die Primärstrahlung, so daß nach Bothe und Kolhörster kein Grund vorliegt, die durchdringende Höhenstrahlung nicht selbst als Korpuskularstrahlung zu betrachten. Die Autoren kommen zu dem Schlusse, „daß die Höhenstrahlung, wenigstens soweit sie sich in den bisher beobachteten Erscheinungen äußert, keine  $\gamma$ -Strahlung, sondern eine Korpuskularstrahlung ist“. Von Bothe und Kolhörster wurde mit der Koinzidenzmethode auch die Richtung der Höhenstrahlung untersucht, bei Anordnung der Zählrohre vertikal übereinander ergab sich etwa die dreifache Anzahl von Koinzidenzen, wie bei horizontaler Aufstellung nebeneinander. Der Hauptanteil der Strahlung kommt also von oben.

Zur Ansicht, daß durch die Höhenstrahlung Elektronen mit extrem hoher Geschwindigkeit ausgelöst werden, kommt Skobelzyn<sup>4)</sup>. Zur Untersuchung von Comptonelektronen, die durch Ra- $\gamma$ -Strahlen ausgelöst werden, wurden 613 Wilsonaufnahmen in einem magnetischen Felde von 1500 Gauß gemacht. Unter diesen fanden sich 32 „geradlinige“ Elektronenbahnen, die nicht von der bekannten  $\gamma$ -Strahlquelle verursacht sein konnten. Die Ionisierungsstärke dieser  $\beta$ -Strahlen außerordentlich hoher Geschwindigkeit (die Elektronen wurden in einem Felde von 1500 Gauß nicht merklich abgelenkt) wird auf ungefähr 1  $J$  geschätzt. Die Schätzung erfolgt durch Vergleich mit der bekannten Wirkung der  $\gamma$ -Strahlung des RaC. Das entspricht der Größenordnung nach der Ionisierung durch durchdringende Höhenstrahlung im Meeresniveau. Die Ge-

schwindigkeit dieser Elektronen muß nach Skobelzyn in den weitaus meisten Fällen mindestens  $15 \cdot 10^6$  Volt entsprechen. Da es sich um stereoskopische Aufnahmen handelt, konnte auch die Richtungsverteilung untersucht werden. Die vertikale Richtung erscheint bevorzugt. Besonders bemerkenswert ist folgendes: Unter 27 Aufnahmen mit „geradlinigen“ Bahnen findet sich dreimal der Fall, daß zwei- und einmal sogar drei dieser Bahnen von derselben Stelle außerhalb der Nebelkammer auszugehen scheinen und sie innerhalb von 0.02 bis 0.03 sec, das ist die Zeit, in der die Nebelkammer wirksam ist, durchsetzen. In einer neuen Arbeit von Auger und Skobelzyn<sup>5)</sup> wird diese Erscheinung durch den Comptoneffekt erklärt: Im Falle einer äußerst harten  $\gamma$ -Strahlung bleiben sowohl das gestreute Quant, als auch das Elektron in Richtung des primären Strahls, so daß bei Wiederholung des Streuprozesses schon zwei Elektronen in fast gleicher Richtung fliegen. Eine  $\beta$ -Strahlung als Primärstrahlung könne das relativ häufige Vorkommen solcher Mehrfachbahnen in Richtung des Primärstrahls nicht erklären. Die Wahrscheinlichkeit der Auslösung eines Sekundärelektrons in Richtung des Primärstrahls ist für  $\beta$ -Strahlung wesentlich geringer als für  $\gamma$ -Strahlung. Daher schließen Auger und Skobelzyn im Gegensatz zu Bothe und Kolhörster auf eine  $\gamma$ -Natur der Höhenstrahlung.

Rein theoretische Überlegungen führen A. K. Das<sup>6)</sup> zu der Ansicht, daß, im Falle einer korpuskularen Natur der Höhenstrahlung, diese nur aus Wasserstoffkernen von etwa 0.7 der Lichtgeschwindigkeit bestehen könne.

**II. Absorption.** Messungen von E. Regener<sup>7)</sup> ergaben einen noch viel härteren Anteil der durchdringenden Höhenstrahlung, als bisher bekannt war. Regener maß die Abnahme der Ionisation in einer Stahlbombe von 1 cm Wandstärke beim Versenken in den Bodensee bis zu 230 m Wassertiefe und fand von 78 m Tiefe an bis 230 m nur noch eine äußerst harte Komponente der Strahlung vor, die einem Absorptionskoeffizienten  $\mu_{\text{H}_2\text{O}} = 1.8 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^{-1}$  entspricht. Für den Fall, daß man die Formel von Klein-Nishina anwenden darf, ergibt sich nach Regener die Wellenlänge der zugeordneten  $\gamma$ -Strahlung zu  $0.6 \cdot 10^{-13} \text{ cm}$ . Ein Elektron, das von außen kommend die Atmosphäre und außerdem noch 230 m Wasser durchsetzen soll, müßte also eine Geschwindigkeit besitzen, die rund  $2.4 \cdot 10^{10}$  Volt entspricht.

Eine Theorie der Absorption, die besonders die beobachteten Erscheinungen beim Übergang von einem Absorptionsmaterial zu einem anderen mit sehr verschiedener Dichte erklärt<sup>8)</sup>, ist für äußerst harte  $\gamma$ -Strahlung von Millikan<sup>9)</sup> und Hoffmann<sup>10)</sup> ausgearbeitet worden. Von E. Steinke<sup>16)</sup> und Myssowki und Tuwim<sup>8)</sup> wird dieser Gegenstand theoretisch und experimentell eingehend behandelt. Hoffmann hat beim Einfügen eines 12 cm starken Aluminiumpanzers in einen 20 cm starken Bleipanzer eine Erhöhung der Ionisation gemessen, die er durch weiche Streustrahlung erklärt, die im Aluminium entsteht. Auch Messungen von Geiger mit einem Elektronenzählrohr, dessen Wandung zur Hälfte aus Blei, zur Hälfte aus Aluminium bestand, zeigten eine Zunahme der

Zahl der Impulse um etwa 6 bis 7 Proz. (die Absorption in der Bleihälfte des Zählrohrs ist hiergegen gering), wenn die Aluminiumhälfte oben war und zwar nur, wenn die weichen Anteile der durchdringenden Höhenstrahlung noch vorhanden waren (nach einem Vortrag von Herrn Geiger in Zürich). Wie sich der Absorptionsvorgang bei einer Korpuskularstrahlung mit dem Durchdringungsvermögen der Höhenstrahlung abspielt, ist bisher nicht geklärt.

An Hand des aus längeren Meßreihen mit der Hoffmannschen Apparatur in Muottas Muraigl gewonnenen Materials<sup>11)</sup> wird von F. Lindholm der Barometereffekt näher untersucht<sup>12)</sup>. Die sehr empfindliche Hoffmannsche Apparatur besteht aus einer Ionisationskammer aus Stahl von etwa 1 cm Wandstärke und 50 Liter Inhalt, mit besonders geformten Elektroden, die eine niedrige Sättigungsspannung gestatten. Der mittlere Wert des Ionisationsstromes wird durch einen konstanten Strom kompensiert und die verbleibenden Schwankungen des Ionisationsstromes mit einem Hoffmannschen Quantenelektrometer registriert. Der Ionisationsstrom wird hierzu der einen Belegung einer Kapazität (etwa 1000 cm) zugeführt, der anderen ein gleich großer Kompensationsstrom aus einer Batterie. Dieser wird von einem Schleifkontakt, welcher automatisch auf einer Widerstandswalze entlang fährt, abgenommen. Die aus dem Barometereffekt abgeleiteten Werte für den Absorptionskoeffizienten  $\frac{\mu}{\rho}$  sind für die einzelnen Beobachtungsperioden verschieden. Sie liegen zwischen 5.3 und  $2.2 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^{-1}$ .

Für die einzelnen Beobachtungsperioden zeigen sich deutlich starke Unterschiede; die Schwächung, welche die Ionisation durch eine gleiche Druckzunahme (gleiche zusätzliche absorbierende Masse) erfährt, ist im Winter etwas größer als im Sommer. Lindholm schließt daraus, daß es nicht nur auf die zusätzliche absorbierende Luftmasse ankomme, sondern auch auf die „Verteilung innerhalb der Masse“.

(Siehe Tabelle S. 157/158.)

**III. Zeitliche Änderungen.** A. Sternzeitperiode. Schwankungen der Intensität der durchdringenden Höhenstrahlung sind von allen Autoren beobachtet worden, doch gehen die Angaben über die Größe der Schwankungen und ihren zeitlichen Verlauf noch sehr weit auseinander. Eine sternzeitliche Periode der Art, wie sie von Kolhörster und von Salis zuerst beobachtet wurde, ist nur dann gefunden worden, wenn mit der Kolhörsterschen Apparatur ohne Panzerung in großen Seehöhen gearbeitet wurde, und auch dann nicht von allen Beobachtern. Eine ausführliche Arbeit von A. Corlin<sup>13)</sup> behandelt statistisch die bis Ende 1927 von den verschiedensten Autoren gemessenen Werte. Corlin kommt darin zum Schlusse, daß eine sternzeitliche Periode vorhanden sei.

Zur weiteren Untersuchung dieser Frage konnte ich in Fortsetzung der Büttnerschen Arbeiten, Registrierungen mit der Kolhörsterschen Apparatur (Eigenstrahlung im Salzbergwerk 1.10 J) in verschiedenen Seehöhen (Göttingen

270 m, Alpen 3370 m) vornehmen. Eine tägliche Schwankung konnte festgestellt werden. Ihre Amplitude in Prozent des mittleren Wertes der Höhenstrahlung betrug in 270 m Höhe im Pb-Panzer von 8.8 cm 23 Proz.; ohne Panzer dagegen nur 13 Proz.; in 3370 m Höhe auf einem Gletscher ohne Panzer 21 Proz.; im Eis, allseitig umschlossen von mindestens 300 cm Wandstärke 13 Proz. Ob diese Schwankungen oder ein Teil derselben nach Ortszeit oder Sternzeit abläuft, konnte aus diesen Messungen noch nicht entschieden werden.

Eine große Reihe neuer Beobachtungen, welche mit verbesserten Methoden über jeweils mehrere Wochen geführt wurden, konnten keine Abhängigkeit der Schwankungen von der Sternzeit aufweisen. So haben Hess und Mathias<sup>14)</sup> auf dem Sonnblick (3100 m) und in Tirol aus Registrierbeobachtungen mit der Kolhörsterschen Anordnung in 7.2 cm starken Fe-Panzer keine sternzeitliche Periode gefunden. J. Clay<sup>15)</sup>, der mit Kolhörster-Ionisationskammern in Bandoeng auf Java gemessen hat, fand ebenfalls keine Abhängigkeit der Schwankungen von der Sternzeit, zu dem gleichen Ergebnis führen sehr sorgfältige und genaue Messungen von Hoffmann und Lindholm<sup>11) 12)</sup> mit der Hoffmannschen Apparatur in Muottas Muraigl (2456 m). Neue Messungen von Geiger (Vortrag, Zürich) mit drei Zählrohren über drei Tage ergaben bei starker Panzerung keine Schwankungen, sondern eine sehr gute Konstanz der Zahl der Impulse pro Viertelstunde.

Zusammenfassend ist zu sagen, daß die Frage nach einer sternzeitlichen Periode der Intensitätsschwankungen der durchdringenden Höhenstrahlung noch nicht vollständig geklärt ist, es scheint jedoch nach den bisherigen Ergebnissen einigermaßen gesichert zu sein, daß der harte Anteil keine derartige Periode aufweist.

B. Zeitliche Änderungen anderer Art. Die Beziehungen der Intensität der Höhenstrahlung zu meteorologischen Faktoren sind bei den Messungen in Muottas Muraigl im Pb-Panzer, der nach oben offen war, untersucht worden<sup>11) 12)</sup>, dabei ergab sich eine tägliche Periode mit einem Minimum in den frühen Morgenstunden (4 bis 5<sup>h</sup>) und einem Maximum am Nachmittag (16<sup>h</sup>) bei einer maximalen Amplitude von etwa 2 Proz.; außerdem eine jährliche Periode von etwa 3 Proz. maximaler Amplitude (Maximum im Winter, Minimum im Sommer). Zur Sicherung dieser Beobachtungen soll jedoch noch weiteres Material gewonnen werden. Der Barometereffekt ist, wie schon erwähnt, im Winter größer als im Sommer, er beträgt im Mittel 5 Proz. für 10 mm Hg, und 4.3 Proz. für 10 mm Hg bei allseitiger Panzerung mit 10 cm Blei. Während eines Gewitters, das von einem Hagelschauer begleitet war, zeigte sich — auch nach Reduktion auf konstanten Luftdruck — eine starke Zunahme der Ionisation. Bezüglich einiger anderer meteorologischer Zusammenhänge, zu deren Sicherung aber noch weiteres Material nötig erscheint, sei auf die zitierten Arbeiten<sup>11) 12)</sup> verwiesen.

Es zeigte sich in den Registrierkurven der Hoffmannschen Apparatur immer eine gewisse kleine allgemeine Unruhe, die hin und wieder von ein-

zelen größeren Ionisationsstößen überlagert wurde. Zur Klärung dieser Erscheinungen stellte Hoffmann zwei seiner Apparate nebeneinander auf, deren Ionisationsströme durch die gleiche Walze kompensiert wurden. Über die ersten Ergebnisse mit dieser Anordnung berichtete Hoffmann auf der Züricher Tagung. Die Unruhe verschwand erst bei einer Aufstellung im Staßfurter Steinsalzbergwerk, die vor jeglicher Strahlung geschützt war. Bei Bestrahlung mit Ra- $\gamma$ -Strahlen zeigte sich dort wieder eine gewisse Unruhe, nach Hoffmann ist die Ursache hierfür im Ionisationsvorgang selbst zu suchen. Die erwähnten vereinzelt Ionisationsstöße traten nicht gleichzeitig in beiden Apparaten auf. Nach Hoffmann besteht vielleicht die Möglichkeit, diese Stöße durch Atomzertrümmerung und dadurch entstandene H-Strahlen in der Ionisationskammer selbst zu erklären. Die Versuche sind noch nicht abgeschlossen.

Eine deutliche Abhängigkeit der Intensität der Höhenstrahlung von der Ortszeit in enger Verbindung mit anderen luftelektrischen Elementen (Potentialgefälle, Leitfähigkeit, Erdladung) ist von J. Clay auf Java beobachtet worden<sup>15)</sup>. Ein Minimum der Ionisation findet sich um 8<sup>h</sup> Ortszeit, ein sehr schwaches Maximum um etwa 18 bis 19<sup>h</sup>. Die Amplitude des Minimums ist ohne Panzerung etwa 15 Proz. (Mittelwert etwa 1.5 *J*), bei Aufstellung des Apparates zwischen zwei Bleiwänden bis zu 80 Proz. (Mittelwert 0.4 bis 0.5 *J*). J. Clay findet auch eine Abhängigkeit der Intensität von der geographischen Breite. Auf einer Reise von Leiden (52° nördl. Breite) bis Batavia (6° südl. Breite) sind von ihm in einem 8 cm starken Bleipanzer

In Leiden . . . . .	1.49 <i>J</i>
„ der Straße von Messina . . . . .	1.25 „
Zwischen Messina und Port Said . . . . .	0.97 „
„ Singapore und Batavia . . . . .	0.82 „

und neun Zwischenwerte gemessen worden. Millikan und Cameron<sup>9)</sup> konnten keine Abhängigkeit von der Breite feststellen. Clay vermutet, daß die Ursache der zeitlichen und örtlichen Änderung der durchdringenden Höhenstrahlung ihren Sitz in der oberen Atmosphäre habe. Nach einer Mitteilung von Bothe auf der Tagung in Zürich besteht neuerdings die Absicht, mit Zählrohren eine genaue Untersuchung über eine Abhängigkeit von der magnetischen Breite zu unternehmen. Falls die Höhenstrahlung eine Korpuskularstrahlung ist, wie Bothe und Kolhörster annehmen, so müßte sich der ablenkende Einfluß des erdmagnetischen Kraftfeldes trotz seiner geringen Stärke (in bezug auf die extrem hohe Geschwindigkeit der Korpuskeln) doch wegen seiner großen Ausdehnung bemerkbar machen, ebenso wie beim Polarlicht.

Die bisher gemessene Intensität der Höhenstrahlung reicht, falls sie aus Elektronen besteht, bei weitem nicht zur Deckung der Zerstreung der negativen Oberflächenladung der Erde infolge des luftelektrischen Vertikalleitungsstromes aus; noch weniger zur Erklärung des endlichen Wertes des Ringintegrals der erdmagnetischen Kraft.

Tabelle der scheinbaren Massenabsorptionskoeffizienten der durchdringenden Höhenstrahlung.  
Die Angaben bis zum Querstrich sind entnommen aus K. Büttner: „Die durchdringende Strahlung“. Handbuch der Experimentalphysik (Wien-Harms) **25**, 1 (Geophysik), 503.

Es bedeutet  $J$  die Intensität der Strahlung vor dem Eintritt in den Absorber,  $\downarrow$  = Annahme senkrecht von oben kommender Strahlung;  $\searrow$  = Annahme allseitig einfallender Strahlung.

Höhe in km	$J$	Richtung	$\mu(\rho \cdot 10^3)$	Gemessen von	Berechnet von	Schirmsubstanz: Luft.	Bemerkungen
9.3—0	—	$\downarrow$	5.8	{ Kolhörster [Hess, v. Schweidler Büttner, Clay]	{ Kolhörster v. Schweidler	—	Abb. d. Naturf. Gesellsch. Halle, Nr. 4, 1914. Elster-Geitel-Festschrift 1915, S. 411.
9.3—0	—	$\searrow$	3.8	"	R. Seeliger	—	München. Ber. 1918, S. 1.
[9.3—0	—	—	3.6	"	Linke	—	Meteorol. Zeitschr. <b>33</b> , 157 u. 510 (1916)].
4.5—0	—	$\searrow$	2.5—1.5	Millikan	Millikan	—	(Millikan u. Otis: Phys. Rev. <b>27</b> , 645 (1926). Millikan u. Cameron: ebenda <b>28</b> , 851 (1926). Barometereffekt, Zeitschr. f. Phys. <b>45</b> , 588 (1927). ebenda <b>39</b> , 146 (1926). ebenda <b>42</b> , 570 (1927).
2.8	7.0	$\searrow$	4	Büttner	—	—	—
0	?	$\searrow$	4	Myssowski u. Tuwim	—	—	—
0	0.6	$\searrow$	6.6	Steinke	—	—	—
5.3—1.1	17.7	$\downarrow$	4.6	Wöleken	—	—	Flugzeug, 13. u. 14. Sept. 1928.
4.1—3.5	6.6	$\downarrow$	5.0	v. Salis	—	—	Zeitschr. f. Phys. <b>50</b> , 793 (1928). { $J$ in 0.3 km Höhe = 1.0 (I) aus Pb-Fanzmessungen extrapoliert, = 1.75 (II) ohne Panzer, mit 8.8 cm Pb-Grund- platte direkt gemessen.
3.4—0.3	3.2	$\downarrow$	{ 3.6 (I) 1.9 (II)	Wöleken	—	—	Wien. Ber. (2a) <b>56</b> , 327 (1928).
3.1—0.4	4.3	$\downarrow$	3.9	Hess u. Mathias	—	—	$\mu_{Pb} = 0.025 \text{ cm}^{-1}$ . Zeitschr. f. Phys. <b>48</b> , 647 (1928).
2.5—0	4.0	$\searrow$	2.2	Steinke	—	—	$\mu_{Pb} = 0.043 \text{ cm}^{-1}$ . Ebenda.
2.5	4.0	$\searrow$	3.8	"	—	—	—
2.5	2.3 <sub>6</sub>	$\downarrow$	4.8	Hoffmann u. Lindholm	—	—	{ Barometereffekt, Gerl. Beitr. <b>20</b> , 12 (1928) u. <b>22</b> , 141 (1929). 2. bis 17. Jan. 1928.
2.5	2.3	$\downarrow$	3.2	"	—	—	ebenda. 18. bis 31. Jan. 1928.
2.5	2.4	$\downarrow$	5.4	"	—	—	28. Febr. bis 6. März 1928.
2.5	2.3	$\downarrow$	4.0	"	—	—	16. Juni bis 19. Juli 1928.
2.5	2.3	$\downarrow$	2.2	"	—	—	22. bis 28. Okt. 1928.
2.5	2.3	$\downarrow$	3.7	F. Lindholm	—	—	{ 20. bis 30. Jan. u. 5. bis 8. Febr. 1929 nach brieflicher Mitteilung.
2.5	1.8	$\downarrow$	2.5	"	—	—	8. bis 17. Febr. 1929. 9 cm Pb allseitig nach briefl. Mittel.
0.3	2.3	$\downarrow$	4.3	Wöleken	—	—	{ Barometereffekt, 20 bis 26 Nov. 1927, ungepanzert, 10 cm Fe Grundplatte.
0	$\mu J$ pro mm Hg = 0.7 Proz.	—	—	Myssowski u. Tuwim	—	—	Zeitschr. f. Phys. <b>50</b> , 273 (1928).

Schirmsubstanz: Wasser, Eis.

Höhe km	J	Rich- tung	$\mu/10^3$	Bestimmung der Eigenstrahlung	Versenktiefe	Gemessen von	Bemerkungen
3.5	4.8	↘	2.7	Eishöhle	4.5-9.7 m Eis	Kolhörster u. v. Salis	Berlin. Ber. 1923, S. 375.
3.5	10.5	↘	3.4	Salzbergwerk u. Eishöhle mit Pb-Panzer	5.6 m "	Büttner	Zeitschr. f. Geophys. 8, 161 (1927).
2.8	7.2	↘	2.2		2-6.5 m "		
2.3	—	↘	1.6	Eishöhle	1.5-3 m "	Kolhörster u. v. Salis	Berlin. Ber. 1923, S. 375.
0	2	↘	2.2	5 m Wasser	1-5 m Wasser		
0	?	↘	3.6 ± 0.2	10 m "	2.5-10 m "	Myssowski u. Tuwim	Zeitschr. f. Phys. 35, 299 (1925); 86, 615 (1926).
0	?	↘	2.8 ± 0.2	10 m "	2.5-10 m "		
0	1.9	↘	2.4 ± 0.1	Salzbergwerk und 8.5 m Wasser	1-8.5 m "	Büttner	Zeitschr. f. Geophys. 8, 161 (1927).
4.5-0	—	↘	2.5-1.0	5-50 m Wasser	5-50 m "	Millikan	Phys. Rev. 28, 851 (1926); 81, 163 (1928); Nature 121, 19 (1928).

3.4	3.2	↘	2.6	Salzbergwerk	3 m Eis	Wölcken	September 1927, Gletscher im Montblanc-Gebiet. Wien. Ber. (2a) 5/6, 327 (1928).
3.1	4.3	↘	2.1	—	0-10 m "	Hess u. Mathias	
0	?	↘	0.30-0.31	aus der Absorptionskurve extrapoliert	32.4-78.6 m Wasser	Regener	Regener: Naturw. 17, 183 (1929).
0	?	↘	0.18	"	78.6-230.8 m "	"	Derselbe: ebenda.

Schirmsubstanz: Stoffe höherer Ordnungszahl.

Höhe km	Überlagernd außer Luft	J	$\mu/10^3$	Art der Panzerung	Ort	Gemessen von	Bemerkungen
5.5	—	14	9.5 ± 1.2	0-2 cm Pb allseitig	Flugzeug	Büttner	Zeitschr. f. Geophys. 8, 236 (1927). Ebenda.
4.1	—	23	11 ± 2.7	"	"	"	"
4.0	—	12	13	"	"	Clay	Proc. Amsterd. 80, 1265 (1927).
3.5	—	10.5	12.4 ± 1	"	auf Gletscher	Büttner	Zeitschr. f. Geophys. 8, 161 (1927).
3.0	—	10	10	"	Flugzeug	Clay	Proc. Amsterd. 80, 1265 (1927).
2.8	—	7.2	9.0 ± 1.5	"	auf Gletscher	Büttner	Zeitschr. f. Geophys. 8, 161 (1927). Ebenda.
2.3	—	6.0	6.3 ± 2	"	Vertikalstrahlen	Steinke	Zeitschr. f. Phys. 42, 570 (1927).
0	—	1.9	6.2	"	im See	Büttner	Zeitschr. f. Geophys. 8, 161 (1927). Ebenda.
0	3.3 m H <sub>2</sub> O	3.6	7.2	"	" im See	"	"
3.5	5.0 m H <sub>2</sub> O	1.9	5.0 ± 1	"	"	"	"
0	2-8 m H <sub>2</sub> O	1.9	2.7 ± 1	"	"	"	"
3.5	3 cm Pb	6.8	7.5	3-5 cm Pb allseitig	auf Gletscher	"	"
0	20 cm Pb	1	0.5	20-60 cm Pb	Pb allseitig	Steinke	Zeitschr. f. Geophys. 8, 161 (1927). Zeitschr. f. Phys. 42, 570 (1927).

3.1	—	6.4	8.0	7.2 cm Fe-Deckel in 7.2 cm Fe-Panzer eingefügt	Hochgebirge	Hess u. Mathias	Wien. Ber. (2a), S. 327 (1928).
0.4	—	1.9	4.5	"	Sternwarte Graz	"	Ebenda.
0	—	—	9.2 ± 0.5	0-50 cm Pb	↘	Myssowski u. Tuwim	Zeitschr. f. Phys. 50, 273 (1928).
0	—	—	3.6 ± 0.5	4.1 cm Au zwischen zwei Zählrohren	—	Bothe u. Kolhörster	Koinzidenzmethode, Naturw. 17, 271 (1929).
2.5 u. 0	Pb bzw. Fe	—	{ $\mu_1/0 = 0.37$ $\mu_2/0 = 4.4$ }	Richtungsmessungen in Pb- u. Fe-Panzern	Meeresniveau u. Hochgebirge	Steinke	Versuch der Darstellung durch zwei Komponenten, Zeitschr. f. Phys. 48, 647 (1928).
0.8	11 cm Pb	0.6	1.5	11-34 cm Pb allseitig	Bandoeng, Java	Clay	unter Annahme $\nu$ aus von Clay angegebenen Worten gerechnet.
0.3	6.6 cm Pb	0.8	2.2	8.8 cm Pb unten, 6.6-8.8 cm Pb allseitig	Holzhaus	Wölcken	Mai 1928.
0.3	6.6 cm Pb	0.6	1.4	Mauerwerk + 6.6-8.8 cm Pb allseitig	Kellerraum	"	"
0	80 cm Pb	—	2.0 ± 0.2	> 80 cm Pb	↘	Myssowski u. Tuwim	Zeitschr. f. Phys. 50, 273 (1928).

### Literatur.

- 1) Neuere zusammenfassende Arbeiten: A. Wigand: Phys. Zeitschr. **25**, 445 (1924); W. Kolhörster: „Die durchdringende Strahlung in der Atmosphäre“. Probleme d. kosm. Phys. 1924; K. Büttner: Zeitschr. f. Geophys. **2**, 153 (1926); St. Meyer und E. Schweidler: Radioaktivität 1927; V. F. Hess: „Die elektrische Leitfähigkeit in der Atmosphäre und ihre Ursachen“, 1926; G. Angenheister: „Atmosphärische Elektrizität“, Handbuch d. Physik (Geiger-Scheel) Bd. XIV, Kap. 9; R. A. Millikan: Nature **121**, 19 (1928); H. Benndorf und V. F. Hess: Kapitel Lufterlektrizität in Müller-Pouillet's Lehrbuch d. Physik, Bd. V, 1, Physik der Erde, S. 572 (1928); K. Büttner: „Die durchdringende Strahlung“ im Handbuch d. Experimentalphysik (Wien-Harms), Bd. 25, Geophysik, 1. Teil, S. 479 (1928); W. Kolhörster: Naturw. **17**, 17, 279 (1929).
- 2) W. Kolhörster: Ebenda **16**, 1044 (1928); W. Bothe und W. Kolhörster: Naturw. **16**, 1045 (1928) und **17**, 271 (1929).
- 3) Geiger und Müller: Phys. Zeitschr. **29**, 839 (1928).
- 4) Skobelzyn: Zeitschr. f. Phys. **54**, 686 (1929).
- 5) Auger und Skobelzyn: C. R. Séance du tier Juillet, p. 55 (1929).
- 6) A. K. Das: Naturw. **17**, 543 (1929).
- 7) E. Regener: Ebenda, S. 183.
- 8) Myssowski und Tuwim: Zeitschr. f. Phys. **50**, 273 (1928).
- 9) R. A. Millikan: Phys. Rev. **28**, 851 (1926).
- 10) G. Hoffmann: Ann. d. Phys. **82**, 415 (1927).
- 11) Derselbe und F. Lindholm: Gerl. Beitr. **20**, 12 (1928).
- 12) F. Lindholm: Ebenda **22**, 141 (1929).
- 13) A. Corlin: Zeitschr. f. Phys. **50**, 808 (1928).
- 14) V. F. Hess und O. Mathias: Wiener Ber. (2a) Nr. 5/6, S. 327 (1928).
- 15) J. Clay: Koninkl. Akad. Amsterd. Proc. Vol. XXX, 9/10, 1927; XXXI, 10, 1928.
- 16) E. Steinke, Zeitschr. f. Phys. **48**, 647 (1928).
- 17) G. v. Salis: Ebenda **50**, 793 (1928).

Göttingen, Geophysikalisches Institut, Juli 1929.

## Seismische Beobachtungen von Steinbruchsprengungen.

Durchgeführt vom **Geophysikalischen Institut**  
der **Universität Göttingen** (1925—1929). **E. Wiechert**†. (Mit zwei Abbildungen.)

Zu den von der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft unterstützten Arbeiten gehörig.

Im nachfolgenden ist das gesamte Material über seismische Beobachtungen bei Steinbruchsprengungen aus der Zeit von 1925 bis Anfang 1929 zur Aufstellung der Laufzeitkurve der ersten Einsätze verwendet. Die Organisation dieser Arbeiten wurde von Geheimrat Wiechert unternommen zum Zwecke des Studiums der obersten Erdrinde; ihre Durchführung wurde durch die weitgehende Unterstützung der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaften ermöglicht. In zwei Veröffentlichungen (Untersuchungen der Erdrinde mit dem Seismometer unter Benutzung künstlicher Erdbeben; Nachricht. d. Gesellsch. d. Wissensch. zu Göttingen, Mathem.-Physikal. Klasse, 1923. — Untersuchung der Erdrinde mit Hilfe von Sprengungen; Geolog. Rundschau, Bd. 17, Heft 5, 1926) und auf der Tagung der Geophysikalischen Gesellschaft in Düsseldorf 1926 hat Wiechert bereits über den damaligen Stand dieser Arbeiten berichtet. Seine Erkrankung hinderte ihn, sie selbst zum Abschluß zu bringen. Nach seinem Tode wurden diese Beobachtungen fortgesetzt. Das von 1925 bis Anfang 1929 gesammelte