

## Werk

**Jahr:** 1938

**Kollektion:** fid.geo

**Signatur:** 8 GEOGR PHYS 203:14

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

**Werk Id:** PPN101433392X\_0014

**PURL:** [http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X\\_0014](http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0014)

**LOG Id:** LOG\_0061

**LOG Titel:** Höhenstrahlung und erdmagnetische Variationen

**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)

## Höhenstrahlung und erdmagnetische Variationen

Von **Werner Kolhörster**. — (Mit 11 Abbildungen)

Mit einer Doppel-2-fach-Koinzidenzanordnung ist der Intensitätsverlauf vertikal einfallender Höhenstrahlen fortlaufend über ein Jahr in Dahlem registriert worden. Die Ergebnisse vom September 1937 bis Oktober 1938 werden in bezug auf Luftdruckeffekt und Horizontal- (No d-Süd-) bzw. Vertikalkomponente der erdmagnetischen Variationen besprochen. Die Schwankungen im Luftdruckeffekt rühren in erster Linie von den Magneteffekten her, die auch für die Schwankungen zweiter Art verantwortlich sind. Aus dem Verlauf der Störungen in der Intensität der Höhenstrahlung läßt sich der Eintritt erdmagnetischer Störungen voraussagen.

Die Höhenstrahlung ist eine der interessantesten kosmisch-physikalischen Erscheinungen, so neuartig, daß ihre Existenz erst 10 Jahre nach ihrer Entdeckung allgemeine Anerkennung fand, so merkwürdig, daß sie als korpuskulare Strahlung gerade dann erwiesen wurde, als ihre Wellennatur völlig gesichert erschien. Wurde ihr doch deshalb sogar der Name Ultra- $\gamma$ -Strahlung gegeben, der dann sehr bald in Ultra- $\beta$ -Strahlung und schließlich in Ultrastrahlung abgeändert werden mußte.

Wenn die Höhenstrahlen aus geladenen Teilchen bestehen, so sollten sie von künstlichen und natürlichen magnetischen Feldern abgelenkt werden, sich also etwa so wie Polarlichter verhalten mit ihren örtlichen und zeitlichen Intensitätsänderungen als Folge magnetischer Einflüsse. Ein solches Verhalten diskutierte Kolhörster bereits 1919\*), als seine Messungen zwischen Berlin—Halle und Konstantinopel örtliche Intensitätsunterschiede, also einen Breiteneffekt der Höhenstrahlen hatten erkennen lassen, der für geladene Teilchen der primären Strahlung sprach.

Der experimentelle Nachweis der korpuskularen Natur der in Seehöhe auftretenden Strahlen gelang 10 Jahre später Bothe und Kolhörster unter Verwendung koinzidierender Strahlen\*\*). Daraufhin deuteten sie die inzwischen von Clay\*\*\*) auf Schiffsreisen zwischen Amsterdam und Bandoeng gefundene Intensitätsabnahme nach dem Äquator zu als Breiteneffekt, d. h. als Wirkung des erdmagnetischen Feldes und als das Experimentum crucis für die korpuskulare Natur der Höhenstrahlung im Weltenraum; denn nur über genügend große Abstände von mehreren Erddurchmessern kann das schwache erdmagnetische Feld geladene Teilchen so hoher Energie meßbar ablenken.

Der Breiteneffekt wurde von den verschiedensten Beobachtern wie Corlin, Clay, Compton, Millikan und Mitarbeitern über Meer und Festland experimentell untersucht. Eine Darstellung nach Compton zeigt Fig. 1. Danach bleibt die Strahlungsintensität auf einem magnetischen Meridian von den Polen bis zu

\*) W. Kolhörster: Naturwissensch. 7, 412 (1919).

\*\*\*) W. Bothe u. W. Kolhörster: Zeitschr. f. Phys. 56, 759 (1929).

\*\*\*) J. Clay: Amsterdam Proc. 31, 1091 (1928).

etwa  $\pm 50^\circ$  geomagnetischer Breite ungefähr konstant, nach niederen Breiten nimmt sie dann plötzlich stärker ab und erreicht ihr Minimum in Äquatornähe.

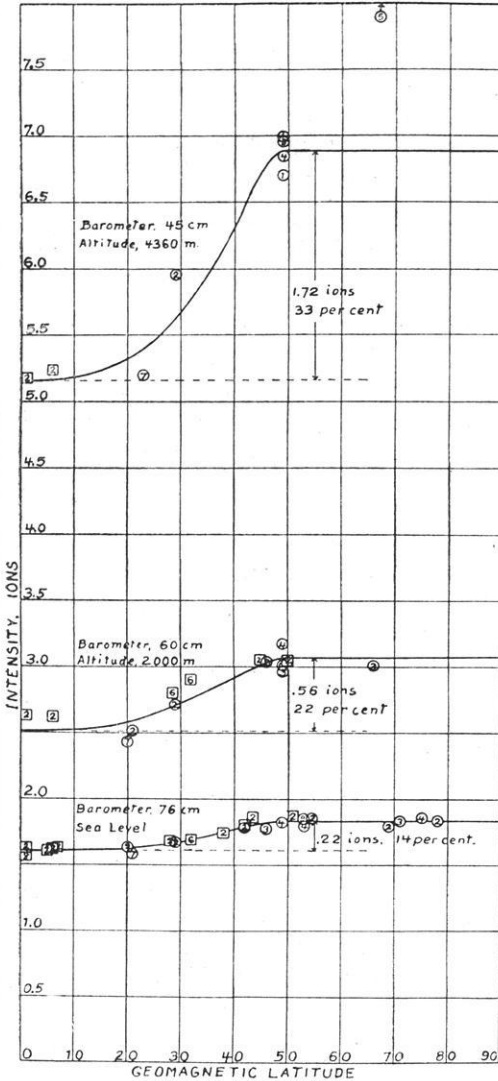


Fig. 1. Breiteneffekt nach Compton. Intensität der Höhenstrahlung als Funktion der geomagnetischen Breite in verschiedenen Höhen

Breite an auftreten. Nach Clay wird eine untere Energiegrenze durch die Filterwirkung der Atmosphäre bedingt; sie beträgt bei einem Massenäquivalent

In Seehöhe ist ihre Intensität am Äquator etwa 15% niedriger als an den Polen, in 4300 m beträgt die Abnahme bereits 33%, und in noch größeren Höhen rechnet man mit noch stärkerer Abnahme. Dies Verhalten erklärt man mit der Zunahme der dem Erdfeld unterliegenden weicheren Strahlen in den höheren Atmosphärenschichten.

Dementsprechend sollte mit zunehmender Höhe der Knick in der Kurve des Breiteneffektes sich nach höheren Breiten ausweiten. Dies scheint aber nicht der Fall zu sein, da selbst in 16 km Höhe Cosyns den Knick bei nur  $50^\circ$  geomagnetischer Breite fand. Filterwirkung der Atmosphäre sowie erd- und sonnenmagnetische Einflüsse werden zur Erklärung herangezogen.

Sehen wir zunächst von der Filterwirkung der Atmosphäre ab und setzen ein kontinuierliches Energiespektrum der Höhenstrahlung voraus, so sollte die Intensität unter der Wirkung des erdmagnetischen Feldes allein von den Polen bis zum Äquator dauernd abnehmen. Gibt es aber einen endlichen Minimalwert der Strahlungsenergie, dann kann eine solche Intensitätsabnahme auch erst von einer bestimmten

von 76 cm Hg rund  $4 \cdot 10^9$  e-Volt, so daß Strahlen geringerer Energie nicht mehr bis zur Erdoberfläche vordringen. Da wegen der schwächeren Absorption in größeren Höhen die Energiegrenze sich erniedrigt, so müßte mit wachsender Höhe der Knick früher, also bei höheren geomagnetischen Breiten auftreten. Erdmagnetisches Feld und Filterwirkung der Atmosphäre genügen also nicht, das Verhalten des Knicks zu erklären.

Infolgedessen nimmt Jánossy an\*), daß die Höhenstrahlung bereits außerhalb der Atmosphäre eine feste untere Energiegrenze bei etwa  $4 \cdot 10^9$  e-Volt besitzt. Sie könnte durch ein äußeres Feld der Sonne gesetzt sein. Schreibt man der Sonne ein geomagnetisches Dipolmoment von  $1.7 \cdot 10^{34}$  Gauß/cm<sup>3</sup> ( $H_{\odot} \cdot r_{\odot}^3 = M_{\odot}$ ) entsprechend einer Horizontalintensität am Sonnenäquator von 50 Gauß/cm zu, so gelangen infolge des verbotenen Kegels Höhenstrahlenteilchen mit Energien unter  $3.9 \cdot 10^9$  e-Volt überhaupt nicht, mit Energien unter  $2.3 \cdot 10^{10}$  e-Volt nur aus bestimmten, mit Energien über  $2.3 \cdot 10^{10}$  e-Volt aus allen Richtungen des Weltalls zur Erdnähe. Sofern also ein äußeres Sonnenfeld wirklich vorhanden ist, läßt sich damit das konstante Einsetzen des Knicks bis zu 16 km Höhe erklären. Auch die MEZ-Tagesperiode der Höhenstrahlung würde sich so ergeben, ohne die Sonne als Strahlungsquelle voraussetzen zu müssen, ferner jahreszeitliche und unperiodische Änderungen des Energiespektrums und damit der Intensität des Höhenstrahlungsgemisches in Erdnähe.

Das erdmagnetische Feld kann durch einen magnetischen Dipol der Stärke  $8.1 \cdot 10^{25}$  Gauß/cm<sup>3</sup> im magnetischen Mittelpunkt der Erde ersetzt werden. Dieser liegt etwa 340 km vom geographischen Mittelpunkt bei  $\beta = 6.5^{\circ}$  N und  $\lambda = 161.5^{\circ}$  O, also unsymmetrisch zum Rotationszentrum. Die Durchstoßpunkte der Dipolachse mit der Erdoberfläche haben die geographischen Koordinaten  $80^{\circ}$  N,  $89^{\circ}$  W sowie  $76^{\circ}$  S,  $121^{\circ}$  O. Nach der Birkeland-Störmerschen Polarlichttheorie, die von Störmer sowie Lemaître und Vallarta auf Höhenstrahlung angewendet wurde, werden die im Weltenraum als isotrop angenommenen Höhenstrahlen durch das erdmagnetische Feld teils von der Erde weggelenkt, teils zur Erdoberfläche durchgelassen, je nach ihrer Energie und ihrer Richtung zu den erdmagnetischen Kraftlinien des Beobachtungsortes. Die an einem Beobachtungsort der Erdoberfläche auftretenden Strahlen vorgegebener Energie verlaufen in einem Kegel von komplizierter Form, welcher die Himmelsgegenden voneinander scheidet, aus denen alle und aus denen nur einige oder keine Richtungen erlaubt sind. In den erlaubten Richtungen ist die Strahlungsintensität die gleiche wie ohne Magnetfeld und dementsprechend wie im Weltenraum. Für die Berechnung der Strahlungsstärke am Beobachtungsort ist die Öffnung des erlaubten Kegels maßgebend und diese hängt vom Abstand des Ortes vom Dipolzentrum ab. Da nun dieser Abstand eine periodische Funktion der Länge des Ortes ist, erklärt sich daraus der von Clay, Millikan und Neher und anderen Beobachtern gefundene Längeneffekt. Ein Vergleich zwischen der von

\*) L. Jánossy: Zeitschr. f. Phys. 104, 430 (1937).

Compton und Mitarbeitern beobachteten und der von Vallarta berechneten Intensitätsverteilung der Höhenstrahlen über die Erdoberfläche nach Fig. 2 zeigt,

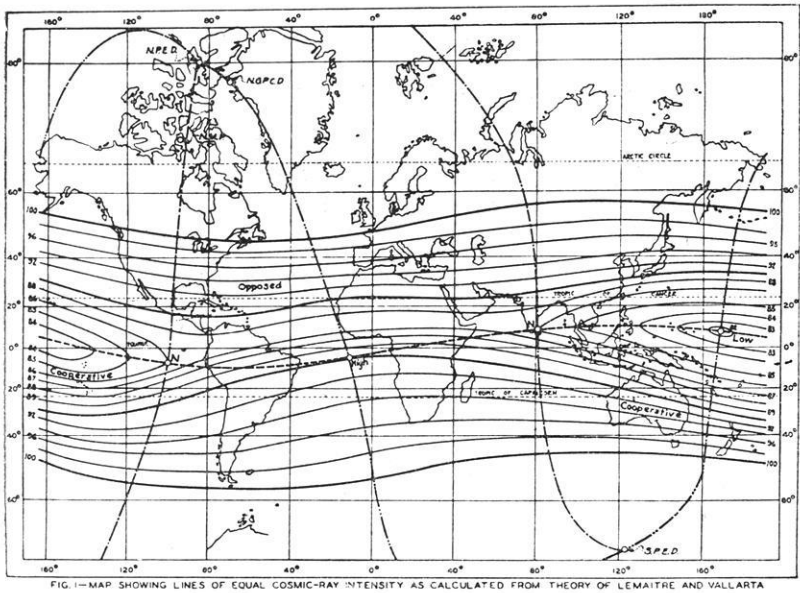
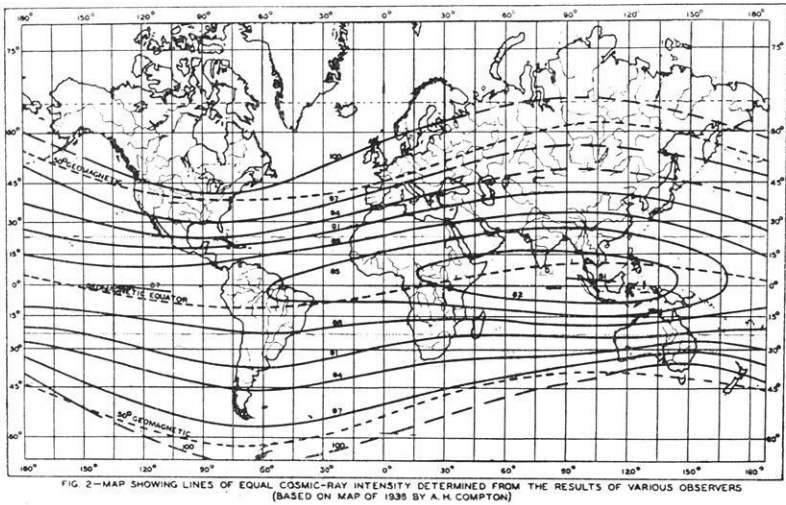


Fig. 2. Karte der beobachteten und berechneten Isokosmen nach Vallarta

daß die Deutung durch Wirkung des erdmagnetischen Feldes zumindest in großen Zügen berechtigt ist: Beobachtete und berechnete Isokosmen verlaufen ziemlich

übereinstimmend. Doch ist die grobe Unstimmigkeit von 88 bzw. 68° zwischen berechneten und beobachteten Werten in der Lage der Intensitätsmaxima und -minima bei + 12° W und + 100° W bzw. + 168° O und + 100° O noch nicht behoben.

Auch an ein und demselben Beobachtungsort treten in der Zone des Breiten-effektes weitere erdmagnetische Einflüsse auf die azimutale Richtungsverteilung der Höhenstrahlung hervor. Sie lassen die Deutung der Ost-West- und Nord-Süd-Asymmetrien zumindest qualitativ zu. Insbesondere zeigt die größere Intensität aus West gegenüber der aus Ost, daß ein Teil der Strahlung aus positiv geladenen Teilchen bestehen muß. Der Ost-West-Effekt gestattet Aussagen über die Ladungs-differenz der Strahlen, während der Nord-Süd-Effekt, der von der Summe der geladenen Teilchen abhängt, noch nicht ganz geklärt zu sein scheint. Jedenfalls zeigen beide Effekte wiederum, wie empfindlich die Höhenstrahlung auf das erd-magnetische Feld reagiert. Es ist daher zu erwarten, daß die Strahlung zeitliche magnetische Schwankungen ebenfalls mitmacht.

Das äußere erdmagnetische Feld, in welchem die primären Höhenstrahlen abgelenkt werden, wird bedingt einerseits durch das Dipolfeld der Erde, anderer-seits durch das elektrodynamische Feld, das vom Ringstrome herrührt. Über den Durchmesser dieses Ringstromes, den man früher mit Störmer etwa bis weit über die Mondbahn sich erstreckend annahm, vermutet man heute, daß er ver-hältnismäßig klein ist, nur etwa einige Erddurchmesser beträgt [Chapman\*]). Vielleicht ist der Saturn-Ring ein rohes Beispiel für diesen Ringstrom. Jedenfalls wirken sich Störungen in seinem durch die Sonnentätigkeit bedingten Gleich-gewichtszustand in Feldstärkeänderungen seiner Umgebung aus, die dann die Schwankungen der erwähnten Magneteffekte hervorrufen. Ebenso können Ände-rungen des Dipolmomentes der Sonne dadurch wirksam werden, daß die Energie-grenze des in Erdnähe eintreffenden Strahlungsgemisches, damit die Öffnung des er-laubten Kegels und schließlich die Intensität der einfallenden Strahlen beeinflusst wird. Damit dürfte ein Überblick über die bekannten und die zu erwartenden Beziehungen zwischen Höhenstrahlen und magnetischen Einflüssen wenigstens in großen Zügen gegeben sein. Ihr Nachweis hängt von der erreichbaren Meßgenau-igkeit ab.

Die Höhenstrahlung ist eine Erscheinung der größten Gegensätze. Ihre Strahlen besitzen die stärksten bekannten Energiekonzentrationen (bis zu  $10^{12}$  e-Volt oder noch mehr); aber diese Energiebomben sind sehr selten, in Seehöhe trifft etwa 1 Strahl je Minute auf ein horizontales  $\text{cm}^2$ . Wird die Intensität der Höhenstrahlen an der Ionisation von Gasen gemessen, so sind die für die Messung verfügbaren Energiebeträge außerordentlich gering. Es handelt sich um Ströme von etwa  $10^{-15}$  Amp., die beispielsweise nur ein 100-billionstel des Stromes normaler 40-Watt-Glühlampen betragen. Erfolgt die Intensitätsmessung mit Zählrohren, so läuft sie wegen der geringen Zahl der Einzelereignisse immer auf Statistik

---

\*) I. Chapman. Nature **140**, 423 (1937).

hinaus. Man kann sich daher wohl vorstellen, daß es nicht einfach ist, Schwankungen bis zum Tausendstel dieser Größen mit Sicherheit zu messen.

Zu diesen meßtechnischen Schwierigkeiten gesellen sich weitere. Durchsetzt die Höhenstrahlung die Atmosphäre entsprechend einer 76 cm dicken Quecksilberschicht, so wird sie von etwa 380 auf 2 I, also sehr stark geschwächt. Mit dem im Witterungsverlauf wechselnden Luftdruck ändert sich der Betrag der Absorption und damit die Strahlenstärke wie bei Auf- und Abstieg in einem Luftfahrzeug. Wie die hohe Korrelation zwischen Strahlungsstärke und Masse der überlagernden Atmosphäre zeigt, muß dieser Barometer-, besser Luftdruckeffekt, in erster Linie ein Absorptionseffekt sein. Aber nur aus langfristigen Material ergibt sich ein hoher Korrelationskoeffizient, aus kurzfristigem dagegen ist dieser oft sehr klein und sogar manchmal unvergleichbar, weil im Gang entgegengesetzt. Ebenso erweist sich der Luftdruckkoeffizient nur bei sehr langen Meßreihen von mehreren Monaten als konstant. Kürzere Meßreihen ergeben stets größere bisher unerklärliche Schwankungen. Da der Effekt je nach der Vorfilterung der Strahlen bis etwa 6%/cm Hg beträgt und in den Einzelwerten bis zu 100% oder mehr schwankt, so muß diese unvermeidliche Korrektur viel weitgehender gesichert werden als das bisher der Fall war. Jedenfalls ist es nicht zugänglich, bei der bisher herrschenden Unsicherheit über diese Korrektur, Meßgenauigkeiten von % bei kürzeren Meßzeiten zu beanspruchen.

Die Schwankungen des Barometereffektes rühren meist von reellen Intensitätsänderungen her, die als „Schwankungen zweiter Art“ bezeichnet werden (Corlin). Daß diese mit Schwankungen der erdmagnetischen Intensität zusammenhängen, wurde schon manchmal experimentell zu erweisen versucht, z. B. A. Corlin\*), W. Messerschmidt\*\*). Erst die wieder auflebende Sonnentätigkeit der letzten Jahre und die damit häufiger auftretenden erdmagnetischen Stürme haben ergeben, daß in der Tat die Schwankungen der erdmagnetischen Elemente die Schwankungen zweiter Art hervorrufen\*\*\*). Ebenso haben in letzter Zeit Ionisationskammer-Registrierungen von Forbush†): Viktor F. Hess, E. Steinmaurer und A. Demmelmair††). I. Clay und E. M. Bruins†††) und E. G. Steinke und A. Sittkus§) den Einfluß großer erdmagnetischer Störungen auf die Intensität der Höhenstrahlung aufgedeckt.

Wie aber bei allen geophysikalischen Problemen, sind auch für die hier zur Erörterung stehenden Fragen erst die Ergebnisse längerer Registrierreihen entscheidend.

---

\*) A. Corlin: *Lund Obs.* **1** (1931).

\*\*\*) W. Messerschmidt: *Zeitschr. f. Phys.* **85**, 332 (1933).

\*\*\*\*) W. Kolhörster: *Phys. Rev.* **53**, 768 (1938); *Naturwissensch.* **26**, 159—160, 218—219 (1938).

†) S. E. Forbush: *Phys. Rev.* **51**, 1108 (1937).

††) Viktor F. Hess, E. Steinmaurer u. A. Demmelmair: *Nature* **140**, 316 (1937); **141**, 686 (1938).

†††) I. Clay u. E. M. Bruins: *Amsterdam Proc.* **41**, 215 (1938); *Physica* **5**, 111 (1938).

§) E. G. Steinke u. A. Sittkus: *Naturwissensch.* **26**, 461 (1938).

Für Ionisationskammern liegen bereits fortlaufende Messungen über mehrere Jahre am Hafelekar (2900 m) von Hess und Mitarbeitern vor, deren erste Ergebnisse in bezug auf magnetische Einflüsse soeben erwähnt wurden. Für Zählrohrmessungen war indessen die erforderliche Meßsicherheit über längere Zeiten noch kaum zu erreichen. Jedoch weisen Koinzidenzanordnungen so viele besondere Vorzüge gegenüber Ionisationskammern auf, daß hier Abhilfe geschaffen werden mußte.

Grundsätzlich unterscheiden sich beide Meßmethoden darin, daß Koinzidenzanordnungen die Anzahl der Strahlen zählen, welche in den durch die Rohre bestimmten Raumwinkel einfallen. Dabei werden die mit den Primärstrahlen vielfach in gleicher Richtung laufenden und gleichzeitig eintreffenden Sekundären nicht mitgezählt. Ihre Wirkung wird also weitgehend unterdrückt, die Deutung der Meßergebnisse dadurch vereinfacht. Ionisationskammern dagegen messen die gesamte absorbierte Energie, also auch die der Sekundären; da letztere besonders gut ionisieren, werden Sekundärstrahlen sogar etwas bevorzugt.

Sodann kann bei Koinzidenzanordnungen ein Effekt an genau bestimmten Strahlenbündeln, z. B. an Vertikalstrahlen, gemessen werden, während Ionisationskammern nur einen über die ganze Himmelskugel gemittelten Wert ergeben. Wollte man bei diesen durch Ausblenden bestimmter Richtungen mit Panzern bestimmte Strahlenbündel messen, so wird infolge der Sekundärstrahleneinflüsse seitens des Panzers und der Unbestimmtheit des wirksamen Strahlungsgemisches die Deutung der Messungen bedeutend erschwert.

Schließlich kann der Nulleffekt bei genügendem Auflösungsvermögen der Zählrohranordnungen völlig unberücksichtigt bleiben, während er bei Ionisationskammern immer eine gewisse Rolle spielt.

Die erwähnte mangelnde zeitliche Konstanz von Koinzidenzanordnungen rührt von irgendwelchen, meist geringen Änderungen in der Ansprechwahrscheinlichkeit der Zählrohre und vom Verhalten der Verstärkerrohre sowie der Bauelemente des Verstärkers her. Sie ist insbesondere bei Verwendung technischer Verstärkerrohre wohl kaum ganz abzustellen. So bleibt als einfachste und sicherste Kontrolle der Vergleich mehrerer gleichzeitig laufender Anordnungen, zumal man gerade bei Zählrohren ihre Aufstellung so einrichten kann, daß die koinzidierenden Rohre von den gleichen Höhenstrahlenbündeln getroffen werden.

Nach diesen Gesichtspunkten ist die 2fach-Doppelkoinzidenzanordnung in Dahlem aufgebaut worden. Die Aufstellung der Zählrohre zeigt Fig. 3. Das Prinzip der neuen Anordnung besteht darin, die koinzidierenden Zählrohre gegenüber den Höhenstrahlen so eng wie möglich, die Verstärker dagegen so lose wie möglich zu koppeln, so daß sie, völlig getrennt, sich gegenseitig nicht beeinflussen. Sie registriert das aus der Vertikalen einfallende Strahlenbündel von  $30^{\circ} \cdot 157^{\circ}$  Raumwinkel doppelt, wobei sich beide 2fach-Koinzidenzen gegenseitig kontrollieren. Eine eingehende Beschreibung dieser Anordnung, wie sie nunmehr schon über  $1\frac{1}{2}$  Jahre in Betrieb ist, wird an anderer Stelle gegeben werden. Erwähnt sei, daß das Aussieben der koinzidierenden, einmal verstärkten Zählrohr-



stöße nach dem Hexodenprinzip erfolgt. Zur Steuerung der mechanischen Zählwerke dienen Thyratrone in einfacher Kippschaltung ohne Untersetzung. Das Auflösungsvermögen beider Verstärker ist besser als  $4 \cdot 10^{-5}$  sec; nur 70/100 der gemessenen Koinzidenzen sind zufällig. Das mechanische Zählwerk druckt alle 28 Minuten die aufgelaufenen Koinzidenzzahlen. Infolge der Schaltpause von je 2 Minuten werden rund 1½ Stunden des Tageswertes nicht registriert. Bei einer weiteren Anordnung wurde daher mit photographischer Registrierung sowohl der 2fach- wie der 4fach-Koinzidenzen die Schaltpause vermieden. Bei dieser haben die Rohre auch verschiedene Durchmesser, so daß der Öffnungswinkel der 2fach- gleich dem der 4fach-Koinzidenzen ist, um keine Korrektur für die 4fach-Koinzidenzen zu haben.

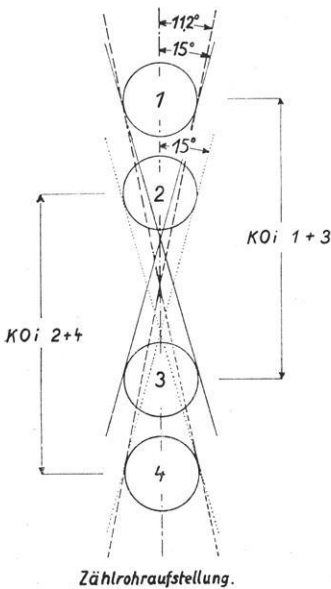


Fig. 3.  
Zählrohranstellung für die 2fach-Doppelkoinzidenzanordnung

Zur Ermittlung des Luftdruckeffektes, der für die Meßgenauigkeit ausschlaggebend ist, wurden während der Registrierung Absorber verschiedener Dicke über den Öffnungswinkel

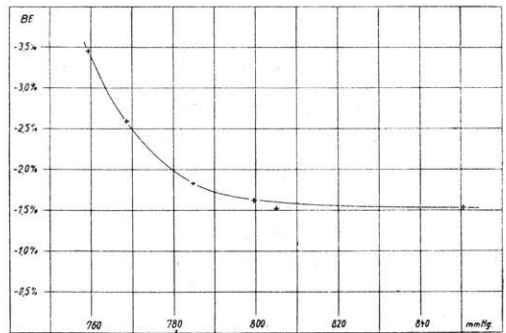


Fig. 4. Luftdruckeffekt (BE) für Vertikalkoinzidenzen bei Drucken zwischen 760 und 850 mm Hg-Äquivalent

der Zählrohranordnung gelegt und aus den Ergebnissen nach der Korrelationsrechnung die jeweils gültigen Luftdruck-Koeffizienten bestimmt. Es ergaben sich die in der Fig. 4 gezeichneten, in der Tabelle 1 zusammengestellten Werte des Luftdruckkoeffizienten als Funktion der überlagernden Absorbermasse, ausgedrückt in mm Hg, mit denen die beobachteten Intensitätswerte der Fig. 8 bis 11 korrigiert worden sind.

Der Luftdruckkoeffizient nimmt demnach mit zunehmender Masse zunächst stark ab und ist erst über mittlere Drücke von 800 mm Hg annähernd konstant (— 1.5%/cm Hg).

Tabelle

p. . . . .	759.1	768.6	784.7	K 790.5	805.1	850.5 mm Hg
BE-Mittel. . . . .	— 3.45	— 2.59	— 1.83	— 1.62	— 1.52	— 1.53 %

Hier sei noch erwähnt, daß der Versuch, den wechselnden Luftdruck durch zusätzliche Holzmassen auf immer ein und denselben Druck von 770 mm Hg auszugleichen, bisher nur zu dem für den Ausgleichsdruck 770 mm gültigen Wert des

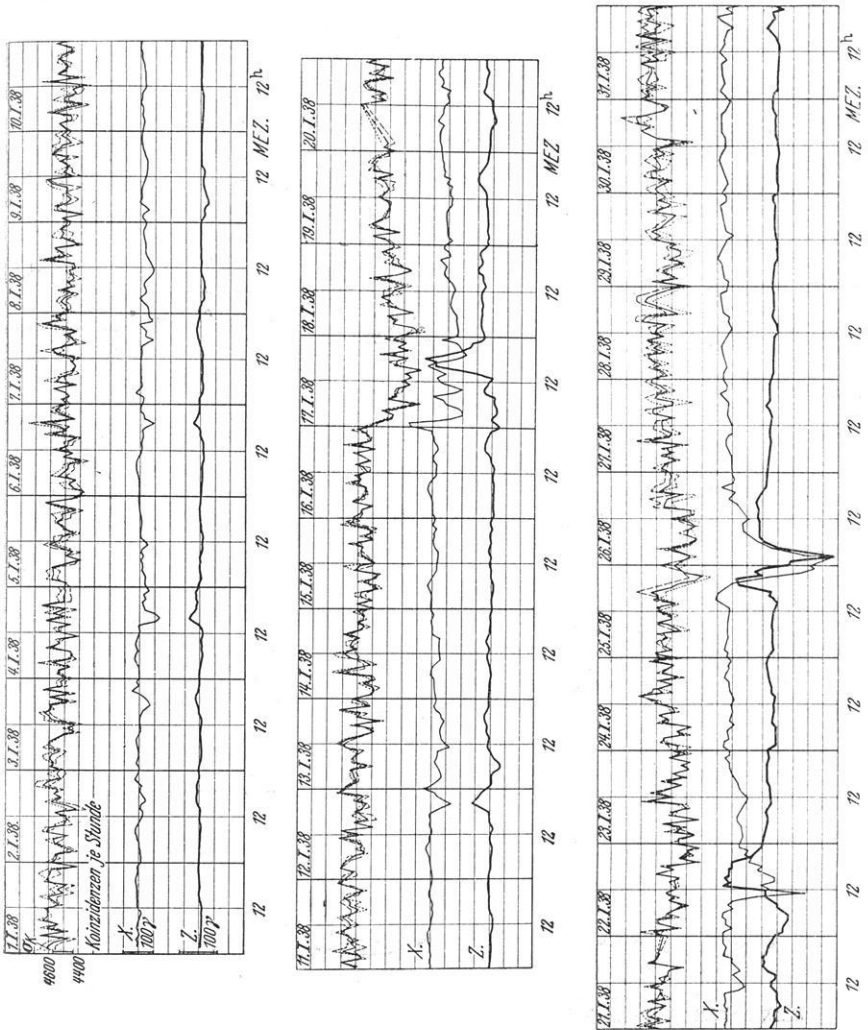


Fig. 5. Stundenwerte vertikal einfallender koinzidierender Höhenstrahlen für Januar 1938 (die drei Einzelfiguren, welche Fig. 5 bilden, müssen in gleichem Maßstab gezeichnet sein)

Luftdruckkoeffizienten geführt hat. Es ist dies der mit  $K\ 790,5$  bezeichnete Wert, der unter Vorbehalt gegeben wird, weil die endgültige Reduktion der Beobachtungen noch nicht erfolgen konnte. Sicher ist der Wert nicht größer als 1.62, wahrscheinlich sogar kleiner, etwa 1.5. Der Luftdruckeffekt verschwindet also nicht, wenn das Massendefizit der Atmosphäre durch massenproportionale Zusätze

über den Zählrohren unwirksam gemacht wird, ein Verhalten, das sich aus der Natur der harten Komponente der Höhenstrahlung, der Mesotronen erklären läßt.

Ein jedes Zählrohr von  $5 \cdot 90 \text{ cm}^2$  wirksamer Fläche liefert etwa  $36000 \pm (190 = 0.5\%)$  Einzelstöße je Stunde oder  $810000 \pm (90 = 0.1\%)$  Stöße je

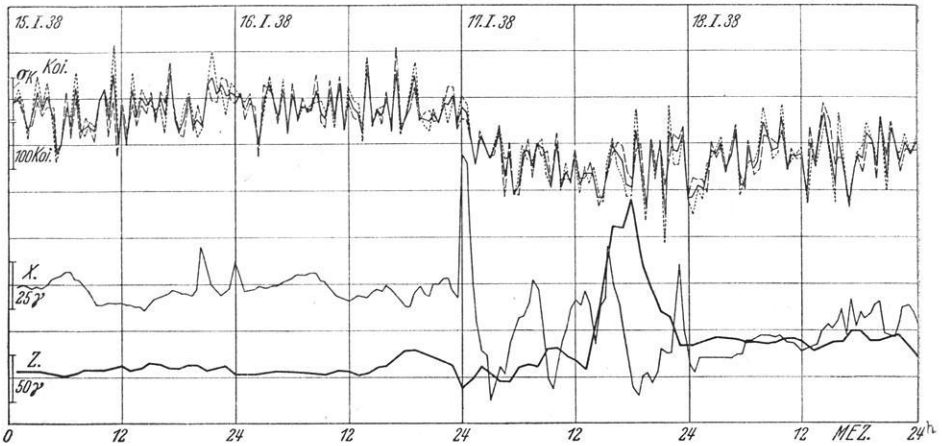


Fig. 6. Halbstundenwerte vertikal einfallender koinzidierender Höhenstrahlen vom 15. bis 18. Januar 1938

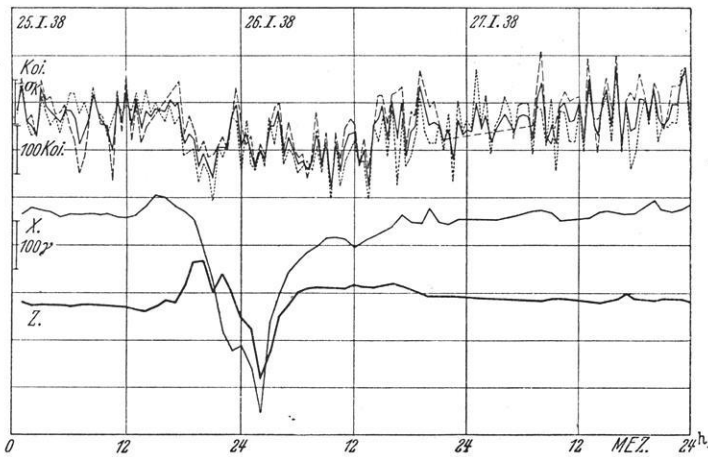


Fig. 7. Halbstundenwerte vertikal einfallender koinzidierender Höhenstrahlen vom 25. bis 27. Januar 1938

Tag. Die Anzahl der 2fach-Koinzidenzen beträgt etwa  $4500 \pm (67 = 1.5\%)$  Koinzidenzen je Stunde oder rund  $100000 \pm (330 = 0.3\%)$  Koinzidenzen je Tag; beide Anordnungen registrieren zusammen  $200000 \pm (450 = 0.2\%)$  Koinzidenzen je Tag. Die statistische Meßgenauigkeit ist mit  $0.2\%$  sehr hoch. Der

Gleichlauf der beiden Anordnungen entspricht der statistischen Erwartung auch bis zu den einzelnen 30-Minuten-Werten. Dadurch wird die apparative Meßgenauigkeit sehr sicher; selbst bei Ausfall einer Anordnung liefert noch die andere für die Tagesmittel die genügend hohe statistische Meßgenauigkeit von 0.3%. Die Fig. 5, 6 und 7 sollen einen Begriff für die Zuverlässigkeit der Halbstunden- und Stundenwerte geben. Sie zeigen den Verlauf der Vertikalintensität der Höhenstrahlung in Stundenwerten für Januar 1938 und in 30-Minuten-Werten für die Zeit des großen magnetischen Sturmes vom 16. und des Nordlichtes vom 25. Januar 1938, ferner den Verlauf der X- (Nord-Süd-) und Z- (Vertikal-)Komponente der erdmagnetischen Variationen, die ich Prof. Bartels und dem Geophysikalischen Institut Potsdam verdanke. Erwähnt sei außerdem, daß das Verhalten der Höhenstrahlungsintensität im Januar 1938, wie zu erwarten, auch mit dem der Ost-West-Komponente des Erdstromes in Niemeck in großen Zügen übereinstimmt.

In den Fig. 8, 9, 10 und 11 sind die Tagesmittel der gemessenen Vertikalintensität der Höhenstrahlung, des Luftdrucks und die danach auf 750 mm Druck und 20° C korrigierten Werte der beiden Anordnungen, ihr Mittelwert und die Tagessumme der X- und Z-Komponenten der erdmagnetischen Variationen für die Zeit vom September 1937 bis Oktober 1938, also über ein Jahr, eingetragen. Bei Tageswerten gehen natürlich Einzelheiten verloren; indessen bieten sie ein einfacher zu übersehendes, trotzdem charakteristisches Bild.

Die Ergebnisse zeigen auch im Jahresverlauf der Tagesmittel die gute Übereinstimmung in den reduzierten Werten der beiden Anordnungen. Infolgedessen sind die unreduzierten Werte nicht noch einmal getrennt, sondern gleich als Mittelwerte eingezeichnet worden. In magnetisch wenig gestörten Zeiten verlaufen Strahlungsstärke und Luftdruck fast genau spiegelbildlich. Selbst sehr große Intensitätsschwankungen in den beobachteten Werten werden durch die Luftdruckkorrektur einwandfrei ausgeglichen. Dies Verhalten ändert sich aber sofort beim Einsetzen magnetischer Störungen. Dann geht die Symmetrie zwischen Druck und unreduzierter Strahlungsintensität sehr weit zurück. Die reduzierten Werte verhalten sich meist gleichsinnig mit X, dagegen spiegelbildlich zu Z nicht nur bei größeren, sondern auch bei geringeren erdmagnetischen Schwankungen. Der Verlauf der Höhenstrahlungsintensität bei Magnetstörungen entspricht etwa dem des Ringstromes. Auf einen plötzlichen Abfall folgt mit ansteigender Intensität eine langsame Erholung bis zu einem Maximum, das dann durch eine neue Störung wieder erniedrigt wird. Diese Schwankungen der mittleren Tagesintensität sind es, die man bereits früher als die unerklärlichen „Schwankungen zweiter Art“ gefunden hat. Durch magnetische Störungen verlagern sich die Basiswerte und dies verursacht die Schwankungen in den Werten des Luftdruckkoeffizienten. Bestimmungen des Luftdruckkoeffizienten gelingen also nur einwandfrei zu magnetisch ungestörten Zeiten. Dann aber liefern exakt bestimmte Koeffizienten reduzierte Intensitätswerte der Höhenstrahlen, aus denen auch der Verlauf erdmagnetischer Störungen ohne weiteres ersichtlich wird.

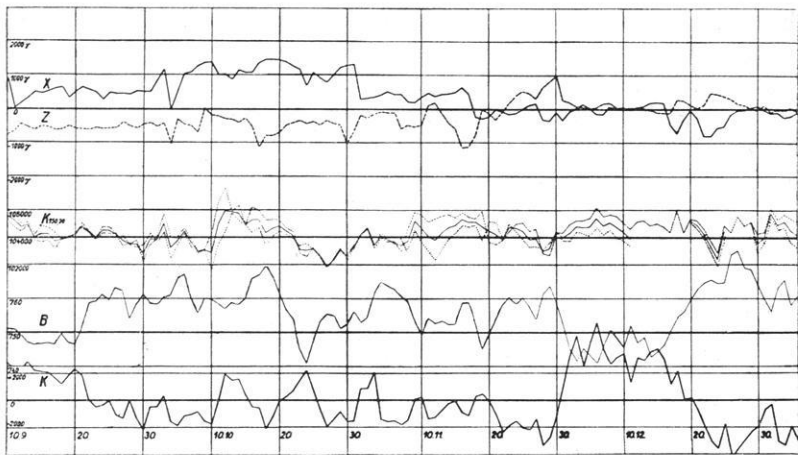


Fig. 8

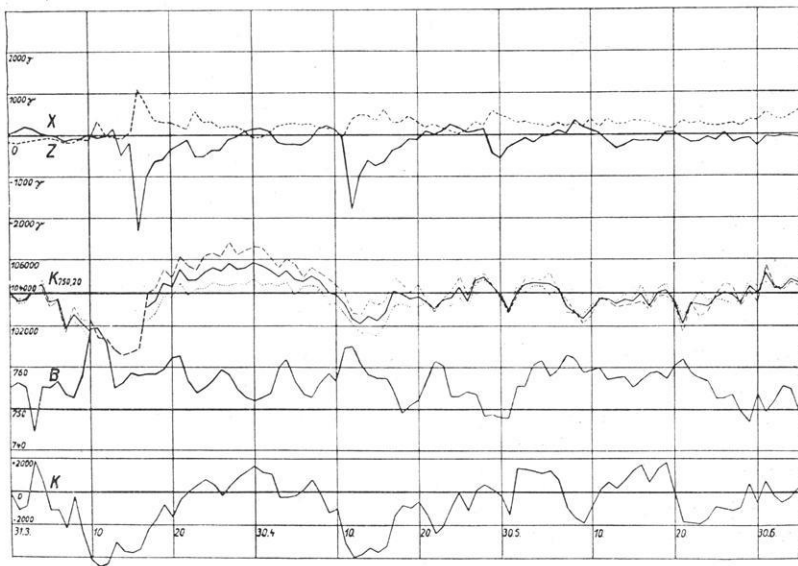


Fig. 10

Fig. 8 bis 11. Tagesmittel der Vertikalkoinzidenzen, unreduziert und reduziert, des Barometerkomponente von September

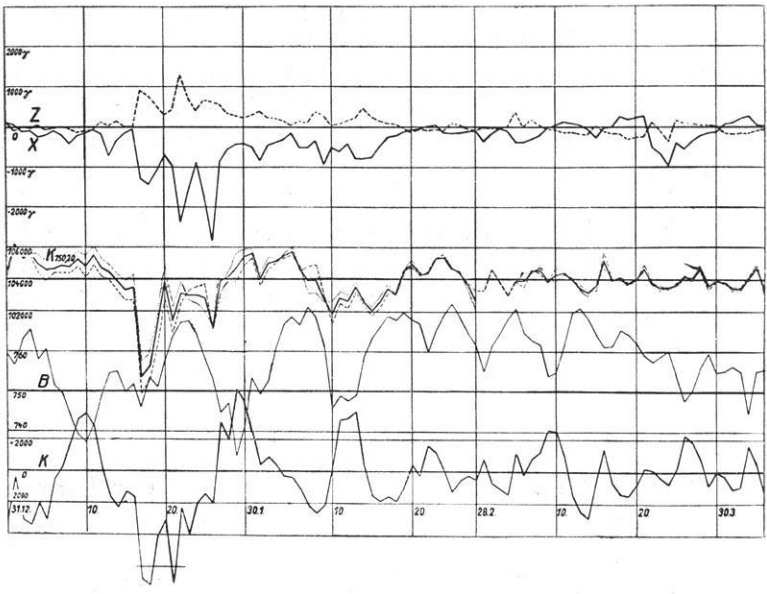


Fig. 9

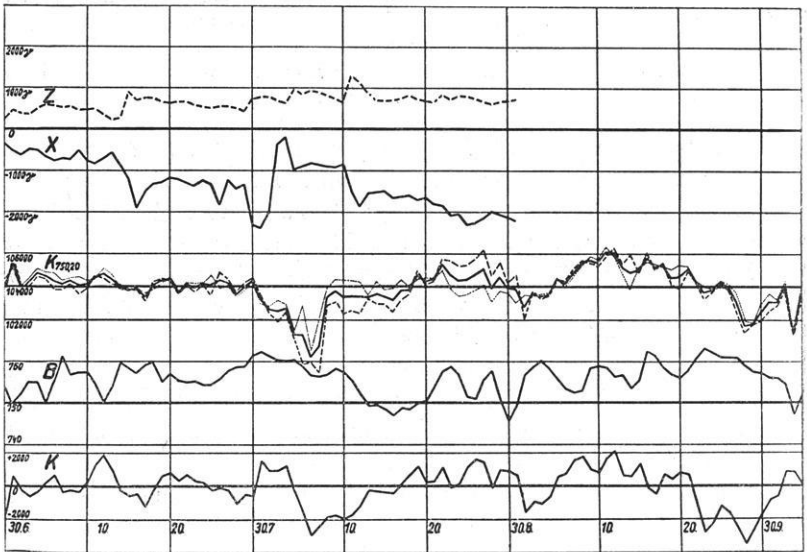


Fig. 11

standes sowie der erdmagnetischen Vertikal-(Z-) und der horizontalen Nord-Süd-(X-)Kom-  
1937 bis Oktober 1938

Sehr merkwürdig ist der langsame, manchmal nur in der Höhenstrahlenintensität auftretende Abfall bereits vor dem Einsetzen meist größerer Magnetstörungen und der dadurch bedingte gewölbte Verlauf der Höhenstrahlenintensität zwischen zwei Störungen. Sollte sich ein solches Verhalten auch weiterhin zeigen, so könnte in dem der Störung voraufgehenden langsamen Intensitätsabfall, sie sei als Vorstörung bezeichnet, ein Sonneneffekt vermutet werden. Eine langsame Zunahme des äußeren Magnetfeldes der Sonne würde die untere Energiegrenze der Höhenstrahlen in Erdnähe erhöhen, den Öffnungswinkel des erlaubten Kegels und die Intensität verringern. Vielleicht lassen sich daraufhin größere Magnetstörungen voraussagen. Auf die Bedeutung der Höhenstrahlung zur Erforschung des vermuteten äußeren Magnetfeldes der Sonne wird hingewiesen.

---

## Die negative Aufladung der Ionosphäre der Erde

Von **H. Rudolph**, Bad Homburg v. d. Höhe

Im 1. Teil wird der Beweis für die dauernde Zufuhr negativer Elektrizität zur Erde durch die ursprüngliche Höhenstrahlung und für den entsprechenden Abfluß im Polarlicht geführt. Aus Vorgängen auf der Sonne, von denen das Polarlicht zweifellos abhängig ist, muß also auch die Ultrastrahlung stammen. Im Anschluß an die negative Aufladung der Ionosphäre handelt der 2. Teil von der Möglichkeit, die Frage nach der Herkunft des rätselhaften luftelektrischen Vertikalstromes und damit auch die, ob die Erde wirklich eine negative Eigenladung besitzt, durch gleichzeitige Registrierung der von A. Wigand entdeckten luftelektrischen Elementarwellen an verschiedenen Orten endgültig zu entscheiden.

1. Teil. *Warum müssen die Höhenstrahlen von der Sonne stammen?* Unter Höhenstrahlen versteht man solche, die viel durchdringender sind als Licht- und Röntgenstrahlen und die aus allen Richtungen oberhalb der Erdoberfläche kommen. Wenn sie vom Weltraum her in die Atmosphäre der Erde eindringen, erzeugen sie in der Luft neue sekundäre und tertiäre Strahlen, die aber weniger durchdringend sind. Deshalb schirmt man diese weicheren Strahlen meistens ab, um aus den Beobachtungen hauptsächlich die Eigenschaften der schnellen und energiereichen Strahlen zu erhalten. Läßt man sie durch 30 cm Blei in den Beobachtungsraum eintreten, so hat man es nur mit Strahlen von mehr als  $10^9$ e-Volt Energie zu tun, einerlei ob diese wellenartiger Natur und unelektrisch sind oder aus geschoßartigen elektrischen Teilchen bestehen.

Durch die Abnahme der Gesamtstrahlung nach dem magnetischen Äquator hin, die man als Breiteneffekt bezeichnet, weiß man, daß mindestens ein großer Teil der Höhenstrahlen elektrischer Natur ist, da der Erdmagnetismus nur bei solchen den genannten Effekt bewirken kann, nicht aber bei Photonen, d. h. bei Strahlen, die den Licht- und Röntgenstrahlen verwandt sind. Der auf Reisen gefundene Breiteneffekt entspricht genau den Beobachtungen über das Azimut