

koinzidenzgesteuerten Nebelkammern untersucht worden. Auch hierbei handelt es sich um hohe Energieumsätze und wahrscheinlich um neuartige Elementarprozesse, die durch den heutigen Stand der Theorie noch keineswegs zu erfassen sind und vielleicht zu ganz neuartigen Erkenntnissen über energiereiche Strahlen führen werden.

Energiebestimmungen im natürlichen erdmagnetischen Feld.

Um die bei energiereichen Strahlen auftretenden Erscheinungen weiter zu erforschen wären also stärkere und ausgedehntere Magnetfelder als die bisher verfügbaren erwünscht. Glücklicherweise bietet sich hierzu ein natürlicher Magnet im erdmagnetischen Feld. Dieses ist zwar in seiner Ausdehnung den Höhenstrahlen angemessen, doch lässt seine Homogenität zu wünschen übrig und die Feldstärke von nicht mehr als 0,2 Gauss erscheint zunächst wenig geeignet. Da sich aber das Feld in der Grössenordnung von Erddurchmessern mit noch merklicher Intensität in den Weltenraum hinein erstreckt, so genügt es trotzdem selbst energiereichere Höhenstrahlen abzulenken. Dazu bietet es noch den besonderen Vorteil, dass die Ablenkung nur an den primären Höhenstrahlen erfolgt, da diese weit ausserhalb der Erdatmosphäre noch kaum Sekundärstrahlen enthalten können. Dank der grossen rechnerischen Vorarbeit, welche für das entsprechende Problem der Polarlichter bereits durchgeführt worden ist, gelingt es der speziellen Theorie der Ablenkung von Höhenstrahlen im erdmagnetischen Feld aus der beobachteten Breitenverteilung der Strahlungsintensität weitgehende Aufschlüsse über die Energie der primären Höhenstrahlen zu erhalten. So ergibt sich, dass elektrisch geladene Teilchen mit Energien über $2 \cdot 10^{10}$ eVolt die Erde oberhalb der Atmosphäregrenze an jeder Stelle und aus jeder Richtung zu erreichen vermögen. Für Teilchen geringerer Energie treten dagegen die sogenannten verbotenen Richtungen auf. Beispielsweise werden positiv geladene Teilchen am geomagnetischen Äquator innerhalb eines Kegels mit horizontaler Achse und bestimmter Öffnung gegen Osten vom Erdfeld ausgeblendet. Mit zunehmenden magnetischen Breiten schliesst sich dieser Kegel allmählich bis er bei einer Breite verschwindet, die von der Energie der betrachteten Komponente abhängig ist. Eingehendere Untersuchungen, besonders an der Nord-Süd-Asymmetrie lassen daher eine genaue Analyse des Energiespektrums der Strahlen in weitem Bereich erwarten.

Die Minimalenergien E , die ein geladenes Teilchen besitzen muss um bei verschiedener geomagnetischer Breite die Grenze der Atmosphäre aus allen Richtungen trotz magnetischer Ablenkung zu erreichen, sind in folgender Tabelle nach Blackett angegeben:

$\lambda = 0^\circ$	20°	40°	60°	80°	90°	geom. Breite
E_2	1,9	1,5	0,65	0,12	0,0017	$0,10^{10}$ eVolt

Unter der Voraussetzung, dass die Höhenstrahlenteilchen ein ausgedehntes und monoton verlaufendes Energiespektrum besitzen, würde also die Intensität vom Pol zum Äquator fortschreitend mit abnehmender Breite des Beobachtungsortes infolge Ausfalls immer härterer Strahlen kontinuierlich abnehmen, wenn man für den Augenblick einmal von der bremsenden Wirkung der Atmosphäre absieht. Kommt diese hinzu, so werden Teilchen mit kleinerer Energie als sie zum Durchsetzen der Atmosphäre erforderlich ist, bereits durch diese schon überall ausgesondert. Infolgedessen beginnt die magnetische Ablenkung nunmehr erst in der Breite hervorzutreten, in welcher das erdmagnetische Feld auch Strahlen höherer Energie beeinflusst d. h. es tritt erst von einer bestimmten geomagnetischen Breite an eine kontinuierliche Abnahme auf. Sie setzt am Erdboden mit etwa 50° magnetischer Breite nach dem Äquator zu ein, in grösseren Höhen natürlich schon früher. Durch Vergleich der theoretisch geforderten Breitenverteilung mit der experimentell beobachteten lässt sich danach die Bremsung durch die Atmosphäre zu etwa 4.10^9 eVolt schätzen.

Energieschätzungen aus Absorption.

Aus den quantitativen Messungen des Energieverlustes von Höhenstrahlen bei Durchdringen bestimmter Bleidicken mit der Nebelkammer hat man gefunden, dass die hierzu erforderliche Energie ungefähr übereinstimmt mit derjenigen, welche der magnetische Breiteneffekt für die Bremsung durch die Atmosphäre ergibt d. h. 4.10^9 eVolt bei 10 m Wasseräquivalent. Wenn man daher noch Strahlen unter 700 m Wasser beobachtet, so muss ihnen eine Minimalenergie von $70.4.10^9$, also 280.10^9 oder rund 3.10^{11} eVolt zukommen. Ähnlich kann man über die spezifische Ionisation, die Ionisationsarbeit und die mittlere Reichweite zu unteren Energiegrenzen der Strahlen gelangen, die ebenfalls bis an 10^{12} eVolt heranreichen.

Zusammenfassend wäre also zu sagen, dass in der Höhenstrahlung Energien von etwa 10^{12} eVolt herab nachgewiesen worden sind, wobei es den Anschein hat, als wären positiv geladene Teilchen die energiereicheren.

Bedeutung der Energiebestimmungen.

Die Wechselwirkung von Teilchen sehr hoher Energie mit Materie sind für die neuere Elektronentheorie von ganz besonderem Interesse. So versagt z. B. die heute vollständigste Theorie des