

# Kosmische Strahlung

## Myonen

Zunächst möchten wir uns einen Versuch anschauen, den Dania Burak 2007 an der Universität Karlsruhe durchgeführt hat.

[Video1]

Der Photodetektor im Deckel der Thermoskanne registriert also Lichtblitze, die von Teilchen, die mit hoher Geschwindigkeit durch das Wasser fliegen, verursacht werden. Um was für Teilchen handelt es sich? Sind es Protonen, Neutronen oder Elektronen? Es kann sich bei diesen Teilchen nicht um eines der bekannten Bestandteile von Atomen handeln, da sie in der Lage sind, viele Meter Beton zu durchdringen. Elektronen oder Protonen wären schon lange absorbiert worden. Es handelt sich also um neue, bisher unbekannte Teilchen: die Myonen.

## Kosmische Strahlung

Doch wo kommen diese Teilchen her? Hierzu führt man eine sogenannte Koinzidenzmessung mit zwei Kannen durch.

[Video2]

Wir möchten jetzt die Anzahl gleichzeitiger Ereignisse in beiden Kannen eine Stunde lange messen. Einmal sind die Kannen direkt übereinander angeordnet, einmal nebeneinander. Wir stellen fest: gleichzeitige Ereignisse sind in den übereinander angeordneten Kannen deutlich häufiger. Die Myonen treffen also senkrecht von oben auf die Erde, kommen also aus dem Weltall.

Dass es eine solche Höhenstrahlung oder kosmische Strahlung geben muss, wurde bereits 1912 vom österreichischen Physiker Franz Hess festgestellt: auf Ballonflügen beobachtete er, dass die Strahlung in großer Höhe deutlich größer als am Erdboden ist.

Mit zwei Myonenkannen in Koinzidenzschaltung sind aber noch weitere Versuche möglich: selbst wenn man die beiden Kannen im Abstand von mehreren Metern aufstellt, sind hin und wieder gleichzeitige Ereignisse zu finden! Da einzelne Teilchen unmöglich derart häufig durch beide Kannen hindurchgeflogen sein können, müssen es zwei verschiedene Myonen gewesen sein, die zum exakt gleichen Zeitpunkt auf die Erde treffen. Die Entstehung beider Teilchen muss also die selbe Ursache gehabt haben. Die Erklärung hierfür ist, dass die kosmische Strahlung folgendermaßen zustande kommt:

ein Primärteilchen aus dem Weltall (vorwiegend Protonen) trifft mit hoher Energie auf die Erdatmosphäre. Beim Zusammenstoß mit Gasatomen der Atmosphäre entstehen neue Teilchen, sogenannte Sekundärteilchen. Diese stoßen weitere Gasatome, so dass ein regelrechter Teilchenschauer entsteht. Ein einzelnes Primärteilchen kann über eine Million sekundärer Teilchen erzeugen, die im Umkreis von wenigen hundert Metern nahezu gleichzeitig auf die Erde treffen. Deshalb sind in den Myonenkannen auch im Abstand von einigen Metern noch Koinzidenzen (also gleichzeitige Ereignisse) feststellbar.

### Neutrinos

300 Kilometer westlich von Tokio befindet sich in der Kamioka-Metallmine eine „überdimensionale Myonenkanne“. Statt nur einem Liter in der Thermoskanne verwendet man dort einen riesigen Behälter, der mit 3000 Tonnen Wasser gefüllt ist. Natürlich gibt es dort nicht nur einen Photodetektor, sondern knapp 1000, die an den Wänden rings um den Wassertank angebracht sind. Und auch dort registrieren die Photodetektoren, genau wie in der Myonenkanne, hin und wieder Lichtblitze, die schnelle Teilchen beim Flug durch das Wasser verursacht haben. Während bei der Myonenkanne Myonen aus der kosmischen Strahlung dieses Signal auslösen, muss es sich im Kamiokande-Experiment um andere Teilchen handeln, da sich der Versuch tief unter der Erde befindet, so dass die Höhenstrahlung abgeschirmt wird.

Dass hin und wieder sogar auch die Photomultiplier an der „Decke“ des Detektors ansprechen heißt, dass einige der Teilchen durch den gesamten Querschnitt der Erde hindurchgefliegen sein müssen. Myonen können das nicht sein, ganz so groß ist deren Durchdringungsvermögen auch wieder nicht.

Bei den in der Kamioka-Mine beobachteten Teilchen handelt es sich um Neutrinos, ungeladene und extrem leichte Teilchen, die bereits 1930 von Wolfgang Pauli postuliert wurden, um Energie- und Impulserhaltung beim Beta-Zerfall zu gewährleisten.

### Antimaterie

In der kosmischen Strahlung hat man aber nicht nur Myonen und Neutrinos gefunden, sondern auch einen weiteren Typ Teilchen: mit einer Nebelkammer, das ist eine Kammer voller feinsten Wassertröpfchen, in der Teilchen wie Elektronen oder Myonen eine Spur hinterlassen, untersuchte Carl David Anderson auf dem 4300 Meter hohen Pike's Peak in Amerika die kosmische Strahlung. Er fand Teilchenspuren, die ein seltsames Verhalten aufwiesen: sie verhielten sich ähnlich wie Elektronen, wurden aber von einem Magnetfeld in die entgegengesetzte Richtung gekrümmt – hat-

ten also die entgegengesetzte Ladung. Damit war das Positron, das erste Antiteilchen, identifiziert, das zuvor von Dirac theoretisch vorgelassen worden war.

Dem britischen Physiker Paul Dirac war es 1928 nämlich gelungen, Quantenmechanik und Relativitätstheorie in der Dirac-Gleichung zu vereinigen. Aus dieser folgt unter anderem, dass es für jedes Teilchen ein zugehöriges Antiteilchen mit gleicher Masse, aber entgegengesetzter Ladung geben muss.

#### Standardmodell 1948

Deshalb mussten dem bisherigen „Standardmodell“, der Theorie der Elementarteilchen, von denen bisher nur Proton, Neutron und Elektron als Bestandteile des Atoms bekannt waren, weitere Teilchen hinzugefügt werden: das Myon, das Neutrino und für alle diese Teilchen noch die jeweiligen Antiteilchen, die ihren Partnern bis auf die entgegengesetzte Ladung vollkommen gleichen.