

## Habt ihr schon gewusst 267 ... Tachyonen

---

Die spezielle Relativitätstheorie besagt, dass Teilchen mit Ruhemasse die Lichtgeschwindigkeit nicht erreichen können. Werden diese Teilchen beschleunigt, dann wächst im „klassischen Bereich“ die Geschwindigkeit und die kinetische Energie nimmt nach der bekannten Formel

$$E_{kin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

zu. Im „relativistischen Bereich“ ist die Masse allerdings eine Funktion der Geschwindigkeit des Teilchens ... d.h. für die Masse  $m$  gilt die folgende Formel:

$$m_{(v)} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Die Masse  $m$  wächst also mit zunehmender Geschwindigkeit ... die Energie  $E$ , die man dem Teilchen zuführt wird als nach der Formel

$$E = m \cdot c^2$$

in Masse umgewandelt – besser: Energie und Masse stellen gewissermaßen die gleich physikalische Größe dar ... und diese Formel könnte man als Umrechnung entsprechender Einheiten auffassen.

Aus der speziellen Relativitätstheorie kennen wir auch die Zeitdilatation (Zeitdehnung – d.h. bewegte Uhren gehen langsamer) und die Längenkontraktion (d.h. in Bewegungsrichtung bewegte Maßstäbe werden verkürzt).

Betrachtet man die Zeitdilatation am Beispiel des Zwillingsparadoxon, kann man den Fall konstruieren, dass der „schnell bewegte Zwilling“ in die Zukunft seines Bruders reisen kann.

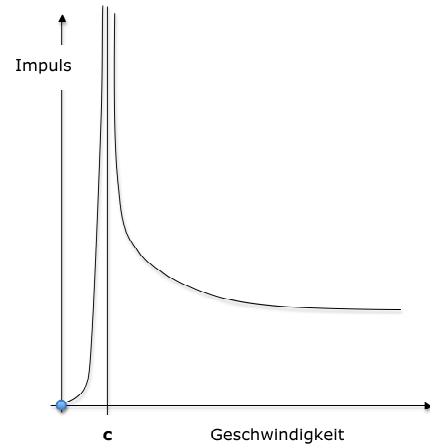
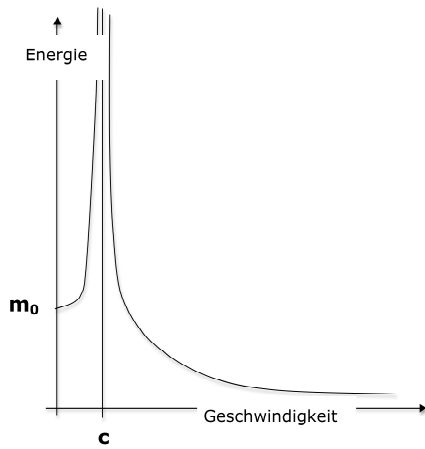
Es besteht zwar die Behauptung, dass die Teilchen mit Ruhemasse die Barriere der Lichtgeschwindigkeit nicht überschreiten können. Nun könnte es aber doch sein, dass es Teilchen gibt, die immer schneller als die Lichtgeschwindigkeit sind, niemals die Barriere der Lichtgeschwindigkeit von „oben“ unterschreiten und daher mit den Gesetzen der Relativitätstheorie konsistent sind?

Diese Teilchen – die immer schneller als das Licht sind – nennt man Tachyonen. Listet man die Eigenschaften dieser Teilchen auf, kommt eine ganz interessante Liste zusammen:

- Diese Teilchen müssen sich also immer mit einer Geschwindigkeit größer als die des Lichtes bewegen.
- Nimmt man für Tachyonen an, dass sie sich immer und in jedem Inertialsystem mit Überlichtgeschwindigkeit bewegen, so ergeben sich keine Widersprüche zur speziellen Relativitätstheorie.
- Unter der Annahme der Existenz der „Tachyonen“ unterscheidet man damit drei Teilchensorten ...
  - Teilchen der Klasse I, die sich immer mit einer Geschwindigkeit bewegen, die kleiner als die Lichtgeschwindigkeit ist ... diese Teilchen haben eine Ruhemasse ... z.B. Elektronen.
  - Teilchen der Klasse II, die sich immer nur mit Lichtgeschwindigkeit bewegen können – z.B. Photonen. Teilchen der Sorte II haben keine Ruhemasse.
  - Tachyonen – Teilchen der Klasse III -, die sich immer mit einer Geschwindigkeit bewegen, die größer als die Lichtgeschwindigkeit ist.
- „Normale Teilchen“ haben, wenn sie ruhen, keine Geschwindigkeit – also auch keinen Impuls –, aber sie haben eine endliche Energie – entsprechend ihrer Ruhemasse:  $E(v=0) = m_0 \cdot c^2$ .  
Bei Tachyonen ist alles gerade umgekehrt ... Tachyonen, die keine Energie haben sollen, müssen sich unendlich schnell bewegen ... und haben dann einen festen Impuls.
  - Klasse I Nullgeschwindigkeit – endliche Energie (entsprechend ihrer Ruhemasse) – keinen Impuls
  - Klasse II Lichtgeschwindigkeit –  $E=h \cdot f$  –  $p= h/\lambda$  ... z.B. Photonen
  - Klasse III unendliche Geschwindigkeit – endlicher Impuls – keine Energie ... Tachyonen
- „Normale Teilchen“ können von manchen bewegten Bezugssystemen aus gesehen in der Zeit vorwärts laufen. Tachyonen können von manchen bewegten Bezugssystemen aus gesehen in der Zeit rückwärts laufen. Teilchen, die in der Zeit rückwärts laufen, werfen Paradoxie-Probleme auf – z.B. dass die Wirkung vor der Ursache erfolgt ... also das Kausalitätsgesetz verletzt wird ... siehe z.B. „266 Zeitreisen.doc“.
- Für Teilchenprozesse, die irgendwelche physikalischen Gesetze verletzen, geht die Wahrscheinlichkeit einer Wechselwirkung gegen Null. Es würde daher nicht gelingen, ein Tachyon nachzuweisen, das die Kausalität verletzt.

## Arbeitsauftrag

---



- Diskutieren Sie in Ihrem Team die obigen Informationen.
- Diskutieren Sie die obigen Diagramme und ordnen Sie die verbalen Informationen diesen Diagrammen zu ... wo im Diagramm kann man die „normale Teilchen“, die Photonen und die „Tachyonen“ erkennen?
- Aus Ihrem bisherigen Unterricht sind Ihnen die „naturwissenschaftliche Vorgehensweise“ und vor allem die Rolle des Experiments in der Physik bekannt.

Der Physik-Bildungsplan verlangt auf Schülerseite folgende Kompetenz:

Kompetenz Nr. 2: Physik als theoriegeleitete Erfahrungswissenschaft

Die Schülerinnen und Schüler können die naturwissenschaftliche Arbeitsweise Hypothese, Vorhersage, Überprüfung im Experiment, Bewertung, ... anwenden

Zeigen Sie diese Kompetenz am Beispiel der „Tachyonen-Theorie“.

## ... naturwissenschaftliches Vorgehen

Wesentliches Vorgehen in der Physik besteht aus folgenden Schritten: (a) aus einer Theorie werden (b) Vorhersagen formuliert, die man (c) in einem Experiment überprüfen kann. Tachyonen sind der „Spielball“ physikalischer Theorien aus denen man Vorhersagen formuliert, die man im Experiment überprüft

## Experiment

... so z.B. versuchte eine Gruppe Tachyonen in der kosmischen Höhenstrahlung nachzuweisen. Wenn hochenergetische Partikel aus dem Weltall auf die höheren Schichten der Erdatmosphäre treffen, so erzeugen sie durch Stöße viele Sekundärteilchen, die in ganzen Schauern am Erdboden ankommen. Dabei fliegen diese Partikel nahezu mit Lichtgeschwindigkeit. Wenn nun aber bei diesen Prozessen auch Tachyonen erzeugt werden, so würden sich diesem Schwarm von Teilchen überholen und den Bruchteilen einer Sekunde vorher eintreffen, diesen Schwarm sozusagen ankündigen.

Nach eben solchen Ereignissen haben australische Wissenschaftler Ausschau gehalten. Die Ablage bestand aus fünf  $1\text{m}^2$  messenden Plastikszintillatoren, angeordnet in einem quadratischen Feld von 30 m Seitenlänge, einen Szintillator an jeder Ecke und einen in der Mitte. Jeder Szintillator war mit einem Photomultiplier versehen und die Ankunft eines Teilchenschauers wurde festgestellt, wenn der zentrale Szintillator und drei der anderen Szintillatoren gleichzeitig ansprachen.

Die Schwierigkeit bestand nun darin, den Zeitraum vor Eintreffen eines Schauers zu erfassen, denn sobald ein Schauer festgestellt ist, ist es ja zu spät um die Ereignisse vorher zu untersuchen. Das Problem wurde gelöst, indem die von den Szintillatoren gemessenen Einzelereignisse eine Zeitlang gespeichert wurden. Sobald aber nun ein Schauer festgestellt wurde, sorgte eine entsprechende Schaltung dafür, dass diese Daten nicht gelöscht wurden. Auf diese Weise konnte man die Schauer und die vorhergehenden Ereignisse untersuchen.

Tatsächlich gelang es auch, solche „nicht-zufälligen Ereignisse, die Teilchenschauer vorausgehen“ zu finden und man hat bis jetzt keine andere Möglichkeit, als diese Ereignisse durch Tachyonen zu erklären.