

Einsteins allgemeine Relativitätstheorie

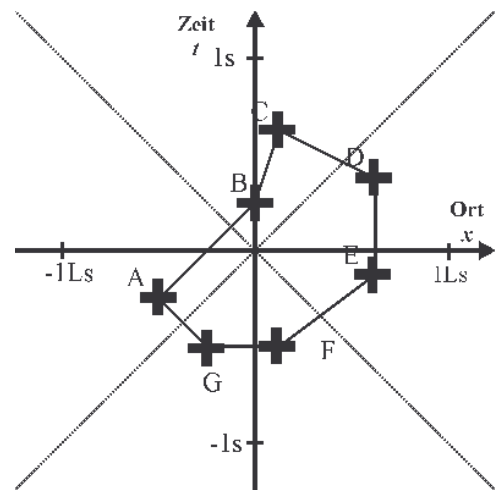
Lektion 13

Der relativistische Abstand zwischen Ereignissen (Lösung)

Im Raum-Zeit-Diagramm rechts ist eine geschlossene Kette A-B-C-D-E-F-G-A von Ereignissen gezeigt. Deren Abstände werden kurz mit $d(A, B)$, $d(B, C)$, ... bezeichnet.

➤ Welche dieser Abstände $d(\dots)$ sind raumartig, welche sind zeitartig bzw. bei welchen Abständen gilt: $d(\dots) = 0$?

- $d(A, B) = 0$, und $d(G, A) = 0$. Die zugehörigen Weltlinien sind Lichtwelt-Linien.
- $d(B, C)$ und $d(D, E)$ sind zeitartig. Denn die jeweiligen Weltlinien sind Reisen langsamer als das Licht.
- $d(C, D)$, $d(E, F)$ und $d(F, G)$ sind raumartig. Deren Weltlinien wären Reisen schneller als das Licht.



➤ Jemand behauptet, dass gilt: $d(E, F) = d(F, G)$. Ist das prinzipiell überhaupt möglich?

- Das ist durchaus möglich. Beide Abstände sind raumartig. Im Raumzeit-Diagramm sind die Ereignisse E, F zwar weiter voneinander entfernt eingezeichnet als F, G. Allerdings wirkt bei der Weltlinie E-F die Längenkontraktion wesentlich stärker als bei F-G. Dadurch kann sehr wohl $d(E, F) = d(F, G)$ sein.

➤ Jemand behauptet, dass gilt: $d(B, C) = d(D, E)$. Ist das prinzipiell überhaupt möglich?

- Das ist nicht möglich. Beide Abstände sind zeitartig. Die Ereignisse B, C sind im Raumzeit-Diagramm näher beieinander eingezeichnet als die Ereignisse D, E. Bei der Weltlinie B-C wirkt dann noch dazu die Zeitdilatation stärker. Dies verkürzt den relativistischen Abstand B-C zusätzlich. Also ist mit Sicherheit: $d(B, C) < d(D, E)$.

Eine Erinnerung an Newtons Bewegungsgesetze

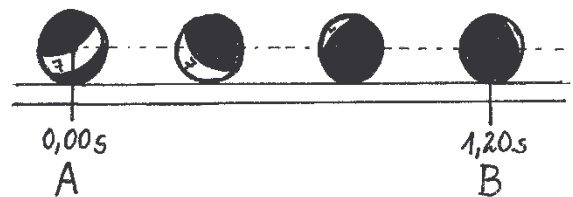
Sir Isaac Newton hat am Ende des 17. Jahrhunderts drei weltweit berühmte Gesetze aufgestellt. Mit Hilfe dieser Gesetze gelang es, die **Bewegung** eines jeden Gegenstands vorherzusagen, sofern nur alle **Kräfte** bekannt sind, die auf diesen Gegenstand wirken.

Das **erste Gesetz** ist der **Trägheitssatz**. Er besagt:

Wenn auf einen Gegenstand keine Kraft wirkt, so bleibt er in Ruhe oder er bewegt sich geradlinig mit gleichbleibender Geschwindigkeit weiter.

Der Satz bedeutet Folgendes:

1. *Wenn sich ein Körper in Ruhe befindet und keine Kraft auf ihn wirkt, dann bleibt er auch in Ruhe.*
2. *Wenn sich ein Körper bereits bewegt und dabei keine Kraft auf ihn wirkt, dann bewegt er sich unverändert mit gleicher Richtung und gleicher Geschwindigkeit immer weiter.*

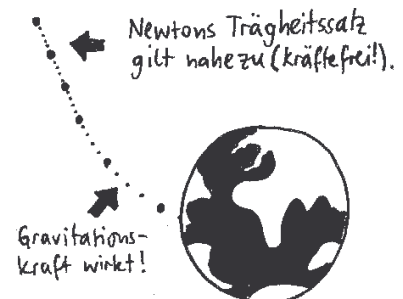


Newtons **Trägheitssatz** wurde viele Jahrzehnte lang bezweifelt. Denn die Alltagserfahrung zeigt ja, dass alle Gegenstände irgendwann stehen bleiben (z.B. obige Billardkugel).

Ist das nicht ein Widerspruch zum Trägheitssatz?

Nein! Denn beispielsweise wirkt bei obiger rollender Billardkugel ständig eine bremsende Reibungskraft durch den Kontakt mit dem Untergrund!

Je weniger Reibungskräfte auftreten, desto besser gilt Newtons Trägheitssatz. Wenn man die Billardkugel mitten im Weltall aus dem Fenster eines Raumschiffs werfen würde, dann wirkt nahezu keine Kraft mehr auf die Kugel – und sie wird sich tatsächlich Tausende von Kilometer weit geradlinig mit unveränderter Geschwindigkeit weiter bewegen!



Die Billardkugel würde erst dann von ihrer gleichförmigen Bahn abweichen, wenn eine Kraft auf sie wirkt. Beispielsweise könnte die Kugel in die Nähe eines Planeten kommen:

Die Gravitationskraft würde auf die Kugel Einfluss nehmen und diese von der gleichförmigen Bahn ablenken!