

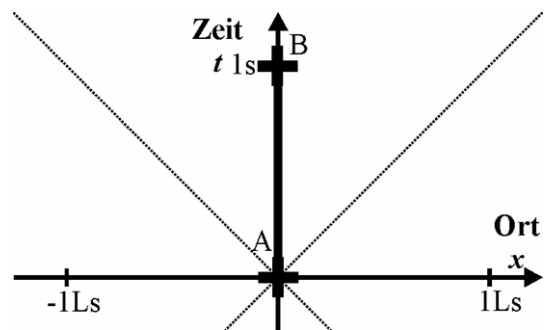
Einsteins allgemeine Relativitätstheorie

Lektion 9

Der relativistische Abstand (II)

„Zeitartige“ Abstände

Wenn die Ereignisse A und B am gleichen Ort stattfinden, können wir mit einer Uhr den Raum-Zeit-Abstand zwischen A und B messen. Dazu müssen wir die Uhr einfach nur am Ort ruhen lassen.



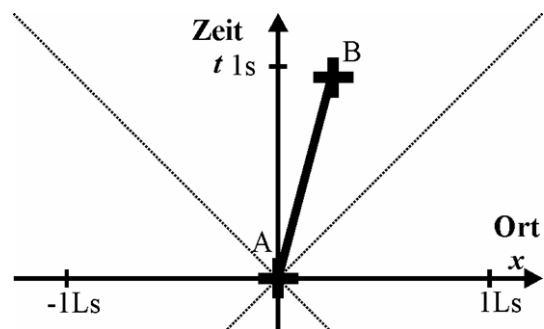
Raum-Zeit-Abstände, die man mit einer Uhr messen kann, nennt man „zeitartig“.

Sie werden in der Einheit s (Sekunde) angegeben.

Welche Raum-Zeit-Abstände sind „zeitartig“?

Betrachte die Situation rechts:

Hier ist **Ereignis B** nicht mehr am gleichen Ort wie **Ereignis A**. Dennoch gehört Ereignis B zur „Zukunft“ von Ereignis A. Denn es ist möglich, auf der Weltlinie von Ereignis A nach Ereignis B zu reisen: Die Reise wäre **langsamer als das Licht**.



Es ist möglich, eine **Uhr** vom Ort des **Ereignis A** zum Ort des **Ereignisses B** zu schicken. Bei jedem **Ereignis B**, das in Minkowskis „**kausaler Zukunft**“ oder „**Vergangenheit**“ von **Ereignis A** liegt, lässt sich mit Hilfe einer **Uhr** der **Raum-Zeit-Abstand** zwischen **A** und **B** messen.

*Alle Ereignisse B, die in der **kausalen Zukunft** oder **Vergangenheit** von A liegen, haben einen „zeitartigen“ Raum-Zeit-Abstand zu Ereignis A.*

Jetzt aber sagt die SRT:

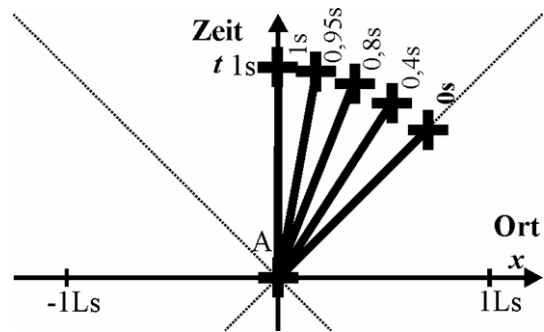
Bewegte Uhren laufen langsamer als ruhende Uhren.

Folglich würde eine bewegte Uhr auf der Reise von A nach B langsamer laufen – und eine geringere, vergangene Zeit als 1s anzeigen!

Der Effekt ist umso stärker, je schneller die Uhr auf der Weltlinie von A nach B reist.

Betrachte die Zeichnung rechts: Die **45°-Diagonale** selbst stellt ja die **Lichtgeschwindigkeit** dar.

Je **näher** die Weltlinie A-B dieser **Licht-Weltlinie** kommt, desto **langsamer** würde die Uhr auf der Reise von A nach B laufen.



Auf der **Licht-Weltlinie** selbst (45°!) würde die Uhr mit **Lichtgeschwindigkeit** von A nach B reisen. Auf dieser fiktiven Reise würde die Uhr endgültig stehen bleiben: 0s Abstand!

Zwei Ereignisse, die auf einer gemeinsamen 45°-Licht-Weltlinie liegen, haben den relativistischen Abstand 0.

Insgesamt gelten diese Regeln für „zeitartige“ Abstände in der Raumzeit:

Der *relativistische Abstand* zwischen zwei Ereignissen A und B...

- ...ist „zeitartig“, wenn B in der „**kausalen Zukunft**“ oder in der „**kausalen Vergangenheit**“ von A liegt.
- ...ist umso **geringer**, je näher die **Weltlinie A-B** an eine **Licht-Weltlinie** kommt.
- ...beträgt **0**, wenn die **Weltlinie A-B** eine **Licht-Weltlinie** ist.

„Zeitartige“ Abstände werden in der **Einheit s (Sekunde)** angegeben.

Diese Definition des Abstandes zwischen zwei Ereignissen A und B ist endlich unabhängig vom Beobachter.

Es ist einfach nur notwendig, eine **Uhr** von A nach B auf die Reise zu schicken. Hier bewertet nicht mehr ein Beobachter, sondern eine reisende Uhr den Abstand zwischen A und B.

Der relativistische Abstand zwischen A und B ist beobachterunabhängig!