

Einsteins allgemeine Relativitätstheorie

Lektion 8

Der relativistische Abstand (I)

In der **klassischen Physik** ist man gewöhnt, **zeitliche** und **räumliche Abstände** getrennt von einander zu betrachten.

Abstände in der klassischen Physik

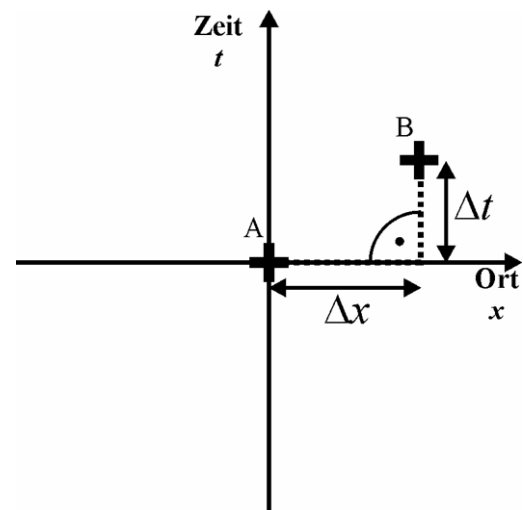
Nehmen wir an, das **Ereignis A** findet zum Zeitpunkt $t_A = 0$ und am Ort $x_A = 0$ statt.

Dann müsste man dieses Ereignis A im Ursprung unseres Raum-Zeit-Diagramms einzeichnen. Außerdem zeichnen wir noch ein **Ereignis B** ein.

In der **klassischen Physik** würde man den **zeitlichen Abstand Δt** und den **örtlichen Abstand Δx** der Ereignisse A und B jeweils separat angeben.

Beide Angaben sind jedoch eigentlich sinnlos:

Sowohl Zeit- als auch Ortsangaben hängen ja vom Beobachter ab! Verschieden schnell bewegte Beobachter kommen deshalb zu unterschiedlichen Resultaten für die Abstände Δt , Δx .



Die **klassischen Abstände Δt** (zeitlich) und **Δx** (örtlich) zwischen zwei Ereignissen A und B sind stets **abhängig** vom jeweiligen **Beobachter**.

Verschiedene Beobachter können zu verschiedenen Ergebnissen für Δt und Δx kommen.

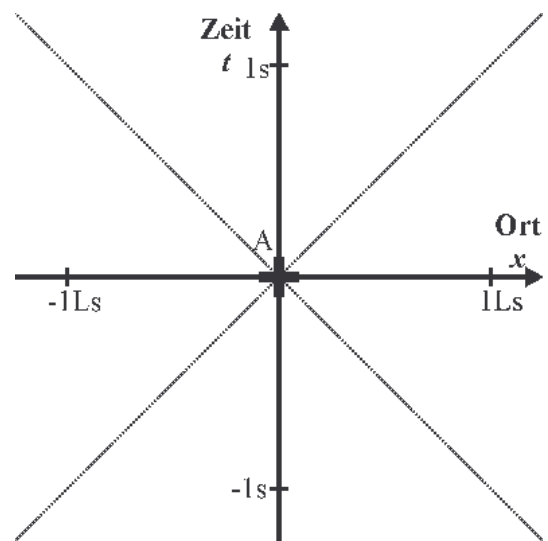
Der relativistische Abstand zwischen zwei Ereignissen A und B

Tatsächlich lässt sich das Problem des **Abstands zweier Ereignisse A und B** nur in Hermann Minkowskis **Raumzeit** überzeugend lösen. Und zwar misst man nicht mehr zeitliche und örtliche Abstände separat – sondern man behandelt beide gleichzeitig:

Als **relativistischen Abstand** zwischen den Ereignissen A und B!

Die Achsen im Raumzeit-Diagramm

Für Hermann Minkowski ergab sich zuerst das Problem dass die Größen auf der **Ortsachse** eine ganz andere **Einheit** haben (m, Meter) als die Angaben auf der **Zeitachse** (s, Sekunde). Wie sollte man dann Zeit- und Ortsabstand zu einem einzigen relativistischen Raumzeit-Abstand kombinieren können?



Minkowski wählt auf der **Ortsachse** die **Grundeinheit Ls (Lichtsekunde)** statt m (Meter).

1 Ls (1 Lichtsekunde) ist der Weg, den das Licht in einer Sekunde zurücklegt.

$$1 \text{ Ls} = 300000 \text{ km}$$

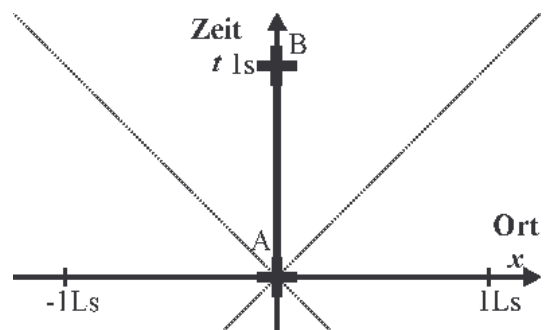
Dadurch bekamen Zeit- und Ortsachse immerhin „vergleichbare“ Einheiten. Außerdem:

Lichtstrahlen verlaufen in solchen Diagrammen immer im **45°-Winkel** zu den Achsen.

„Zeitartige“ Abstände

Der Begriff des **relativistischen Abstands** zwischen zwei Ereignissen A und B ist so ungewöhnlich, dass wir ihn schrittweise entwickeln müssen.

Wir betrachten zunächst ein **Ereignis B**, das **in der Zukunft** von Ereignis A - aber **am gleichen Ort** wie Ereignis A stattfindet.



Wie definiert sich hier ein sinnvoller **relativistischer Raumzeit-Abstand** zwischen A und B?

Nun – wir können davon ausgehen, dass wir beim **Ereignis A** eine **Uhr** auf 0s zurückgestellt haben. Wir müssen diese Uhr einfach nur auf dem Ort von A stehen lassen. Schließlich ist auch das **Ereignis B** am gleichen Ort wie das Ereignis A.

Wenn dann **Ereignis B** eintritt, zeigt die besagte Uhr: 1s.

Im obigen Beispiel haben die beiden Ereignisse A und B den **Raum-Zeit-Abstand 1s**.

Da dieser Abstand mit einer Uhr gemessen werden kann, heißt der Abstand „**zeitartig**“.