

# Einsteins allgemeine Relativitätstheorie

## Lektion 3

### Raum und Zeit vereinigen sich zur „Raumzeit“

„Die“ Zeit gibt es nicht – Zeit hängt vom Beobachter ab

Die **Hauptforderung** der Speziellen Relativitätstheorie (SRT) war:

*Jeder beliebige **Beobachter** misst für die **Lichtgeschwindigkeit** denselben Wert  $c$ .*

Das Problem der SRT war, dass dies selbst für verschiedene Beobachter gilt, die sich relativ zu einer Lichtquelle unterschiedlich bewegen. Trotz der unterschiedlichen Bewegung relativ zur Lichtquelle messen die Beobachter dennoch den gleichen Wert für die Lichtgeschwindigkeit. Deshalb war eine seltsame **Folge dieser Hauptforderung**:

***Zeitdilatation**: Für relativ zueinander bewegte Beobachter läuft die Zeit nicht gleich schnell (nicht synchron).*

Es macht wegen der SRT gar keinen Sinn mehr, von „**der**“ **Zeit** im dreidimensionalen Raum zu reden. Denn Zeitangaben hängen grundsätzlich vom jeweiligen Beobachter ab.

### Die „Raumzeit“ des Mathematikers Hermann Minkowski

Es bestand also das Dilemma, dass **räumliche** und **zeitliche Angaben** stets Abhängig vom **Beobachter** waren. Je nachdem, wie sich der Beobachter durch den Raum bewegt, fallen seine Zeitangaben unterschiedlich aus.

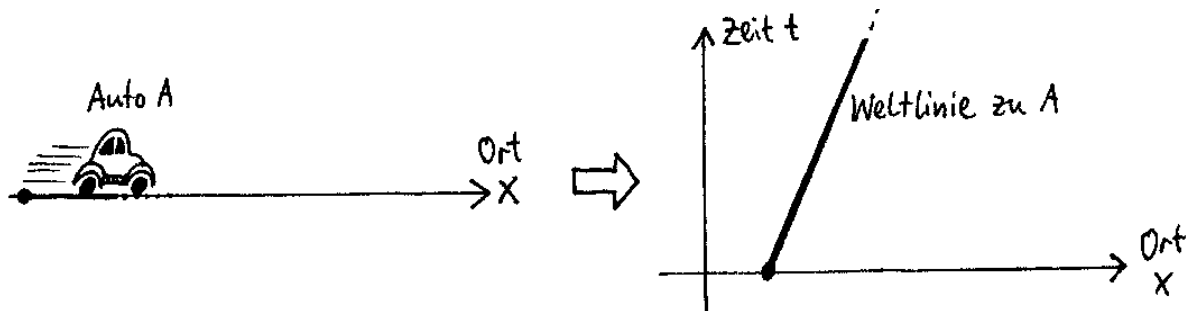
Das Dilemma ließ sich für den **Mathematiker Minkowski** im Jahre 1908 nur dadurch lösen, dass er Raum und Zeit zur **Raumzeit** vereinigte!

Nur die **Raumzeit** als Gesamtheit ist vom Beobachter unabhängig!

## Die Struktur der Raumzeit: Einführung in Weltlinien

Zunächst betrachten wir ein **Auto A**, das sich in einem **eindimensionalen Raum (1D)** – d.h. auf einer Geraden – bewegen kann. Wir erweitern die Darstellung um eine **Zeitachse**.

Dadurch erzeugt das **Auto A** die so genannte **Weltlinie A** in der **Raumzeit**:

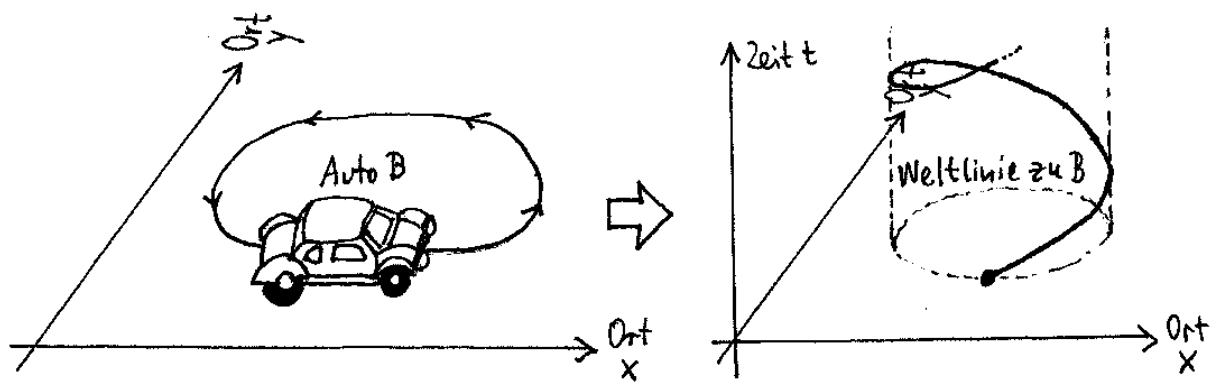


Der **1D-Raum** ( $x$ -Achse) bewirkt also eine **zweidimensionale Raumzeit** ( $x$ -,  $t$ -Achse).

Bewegt sich das **Auto B** in einem **zweidimensionalen Raum (2D)** – z.B. auf der  $x$ - $y$ -Ebene – lässt sich die Darstellung analog um die Zeitachse ergänzen.

Das **Auto B** erzeugt die **Weltlinie B** in der **Raumzeit**:

(„Weltlinien“ müssen übrigens nicht geradlinig sein – sie können gebogen sein!)



Der **2D-Raum** ( $x$ -,  $y$ -Achse) bewirkt also eine **dreidimensionale Raumzeit** ( $x$ -,  $y$ -,  $t$ -Achse).

Analog gilt natürlich:

*Der übliche 3D-Raum bewirkt eine vierdimensionale Raumzeit mit  $x$ -,  $y$ -,  $z$ - und  $t$ -Achse.*

Die vierdimensionale Raumzeit lässt sich freilich nicht in Diagrammen darstellen.

In unseren Erklärungen zur ART werden wir uns deshalb häufig auf den 1D-Raum und die zugehörige zweidimensionale Raumzeit beschränken.