

# Physik \* Q 11 \* Relativitätstheorie

## Die beiden Postulate der Relativitätstheorie

### 1. Postulat – Relativitätsprinzip:

Die Naturgesetze haben in allen Inertialsystemen die gleiche Form.

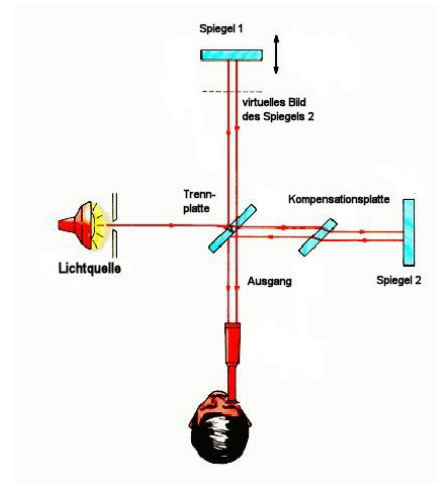
### 2. Postulat – Konstanz der Lichtgeschwindigkeit:

Licht breitet sich in allen Inertialsystemen unabhängig von der Geschwindigkeit der Lichtquelle mit der gleichen Geschwindigkeit  $c = 2,998 \cdot 10^8$  m/s aus.

Die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit wird mit dem Michelson-Morley-Experiment überprüft. Damit prüft man, ob es ein Medium (den so genannten Äther) gibt, in dem sich Licht ausbreitet.

Das einfallende Lichtbündel wird an einer halbdurchlässig verspiegelten Platte in zwei Teilstrahlen aufgespalten und an je einem Spiegel reflektiert. Die gespiegelten Strahlen überlagern sich nach Reflexion an der Platte wieder. Aufgrund der unterschiedlichen Laufwege und damit Laufzeiten sieht man im Fernrohr ein Interferenzmuster, das sich verschiebt, wenn man einen der beiden Spiegel nur geringfügig verschiebt. Solch eine Verschiebung des Interferenzmusters sollte sich auch ergeben, wenn man die Anordnung um z.B.  $90^\circ$  dreht, denn die Erde ruht sicherlich nicht im Äther.

Immer wieder bestätigtes Ergebnis:  
Drehungen der Versuchsanordnung liefern keine Verschiebung des Interferenzmusters.  
Folgerung: Es gibt keinen Äther!

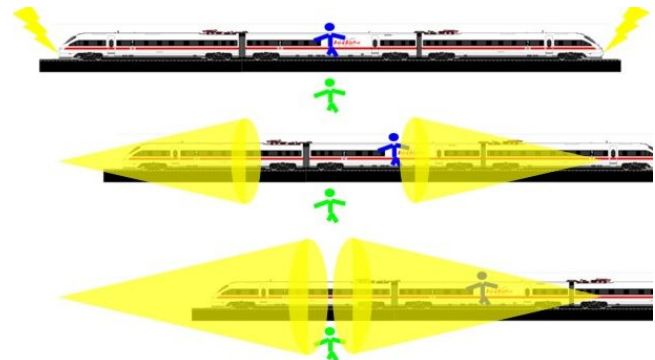


## Relativität der Gleichzeitigkeit

Für den grünen Beobachter am Bahnsteig schlägt am vorderen und am hinteren Ende eines Zuges gleichzeitig ein Blitz ein.

Für den blauen Beobachter im Zug schlägt dagegen der Blitz Zuanfang zuerst ein.

Die Zeit ist also keine absolute, vom Bezugssystem unabhängige Größe.



## Zeitdilatation

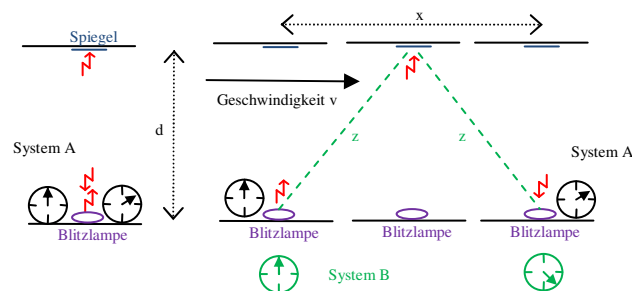
Die Uhr im System A misst die Zeit  $\Delta t_A$ , die ein Lichtsignal benötigt, um zweimal die Strecke  $d$  zu durchlaufen.

Bewegt sich System A gegenüber System B mit der Geschwindigkeit  $v$ , so hat für B das Lichtsignal statt  $2d$  den Weg  $2z$  zurückzulegen.

Wegen der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit  $c$  misst man im System B daher für die Zeit  $\Delta t_B$ , die das Lichtsignal insgesamt benötigt, eine längere Zeit. Es gilt also  $\Delta t_B > \Delta t_A$ .

Aus dem System B heraus beobachtet man also, dass die mit  $v$  sich bewegende Uhr des Systems A langsamer geht.

(Beachten Sie: Die eine Uhr des Systems A wird mit zwei synchronisierten Uhren des Systems B verglichen.)



Zeigen Sie mit einer Rechnung, dass gilt: 
$$\Delta t_A = \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} \cdot \Delta t_B$$

Nachweis von  $\Delta t_A = \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} \cdot \Delta t_B$

$$(1) \quad c = \frac{2d}{\Delta t_A} \quad \text{und} \quad (2) \quad c = \frac{2z}{\Delta t_B} \quad \text{und} \quad (3) \quad \frac{x}{2z} = \frac{v}{c} \quad \text{und} \quad (4) \quad z^2 = \left(\frac{x}{2}\right)^2 + d^2$$

aus (1) und (2) folgt  $\frac{\Delta t_A}{\Delta t_B} = \frac{d}{z}$

aus (4) und (3) folgt  $1 = \left(\frac{x}{2z}\right)^2 + \left(\frac{d}{z}\right)^2 = \left(\frac{v}{c}\right)^2 + \left(\frac{d}{z}\right)^2 \Rightarrow \left(\frac{d}{z}\right)^2 = 1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2 \Rightarrow$

also  $\left(\frac{\Delta t_A}{\Delta t_B}\right)^2 = 1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2 \Rightarrow \frac{\Delta t_A}{\Delta t_B} = \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} \Rightarrow \Delta t_A = \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} \cdot \Delta t_B$

