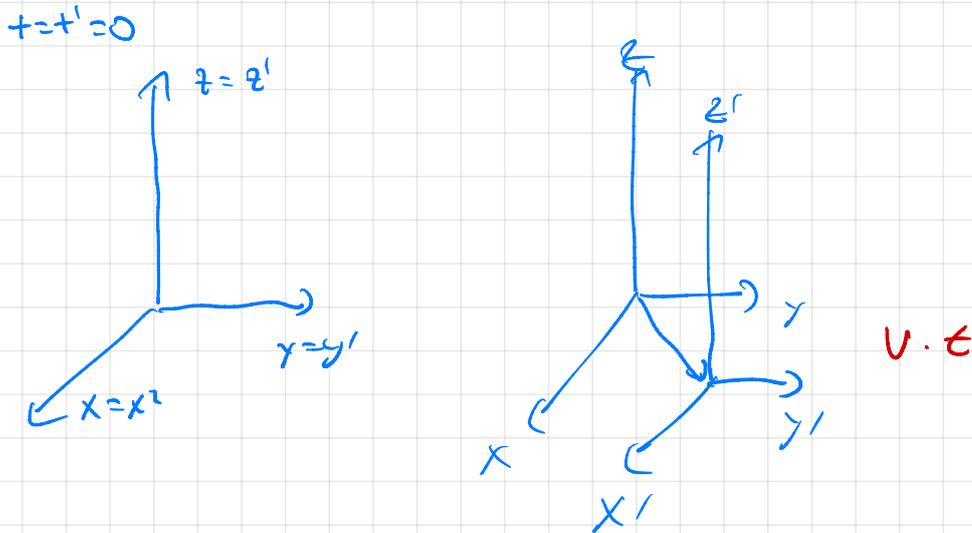


29. Vorlesung

Bisher: Transformation zwischen Inertialsystemen
mittels Galilei Transformation



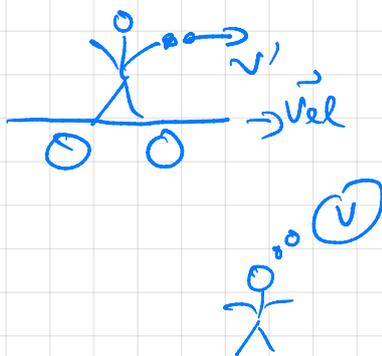
$$\vec{r} \rightarrow \vec{r}' = \vec{r} - \vec{v} \cdot t$$

$$t \rightarrow t' = t$$

Alle Gesetze der Mechanik (Newton) sind invariant
unter der Galilei Transformation

$$F = F' \quad a = a'$$

In allen Inertialsystemen gelten die gleichen
physikalischen Gesetze.

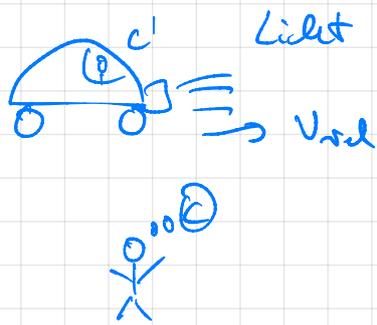


$$F' = m \cdot a'$$

$$v = v' + v_{\text{rel}}$$

$$F = m \cdot a = m \cdot a' = F'$$

$$\vec{v}' = \vec{v} - \vec{v}_{\text{rad}}$$



Licht als Teilchen

$$c' = c - v_{\text{rad}} \quad ?$$

Licht als Welle

Was ist das Medium?

Experiment: Licht breitet sich auch im Vakuum aus.

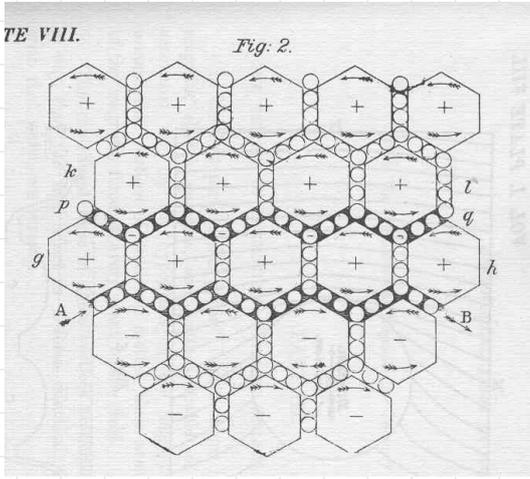
Aether Theorie : hypothetische Substanz (Medium), in der sich Licht ausbreitet.

Füllt den Raum

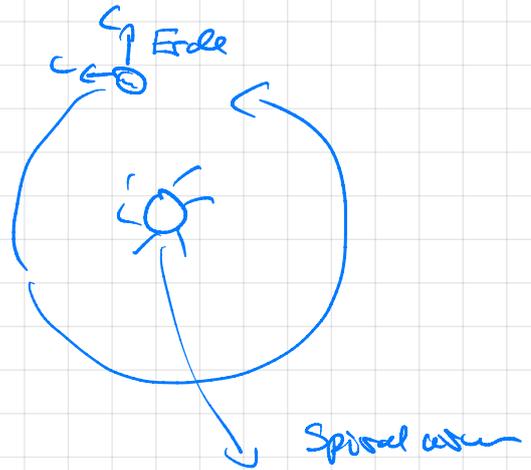
$$v = \sqrt{\frac{1}{\epsilon \mu}} = \sqrt{\frac{k}{s}}$$

Aether muss sehr leicht sein (s klein)
und sehr hart sein (k sehr groß)

Maxwell'sche Äther



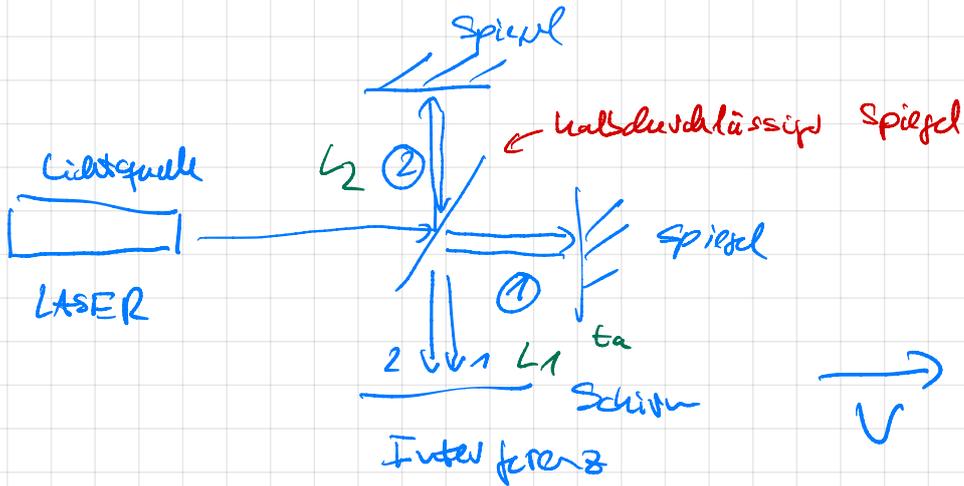
Wikipedia



Vorzeichen + Usumme Bruchteil von c

Michelson - Morley Experiment

1881 Potsdam
1887 USA



Laufzeit ①

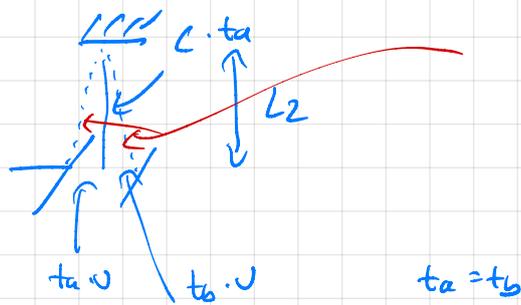
$$c \cdot t_a = L_1 + v t_a$$

$$t_a = \frac{L_1}{c-v}$$

Zurück

$$t_b = \frac{L_1}{c+v}$$

$$t_n = t_a + t_b = \frac{L_1}{c+v} + \frac{L_1}{c-v} = \frac{2c L_1}{c^2 - v^2}$$



$$c \cdot t_2 = \frac{2L_2}{c \sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

Experiment : Kein Phasenunterschied
 $t_1 = t_2$

- Äther bewegt sich mit Experiment mit ↯

Lorenz: bewegte Objekte kontrahieren um
 ~ 1890 den Faktor $\sqrt{1 - v^2/c^2}$ entlang
 der Bewegung durch den Äther.

Einstein : Es gibt keinen Äther!
 1905

- Postulate :
1. Naturgesetze sind in allen Inertialsystemen gleich.
 2. Licht bewegt sich in allen Inertialsystemen mit der gleichen Geschwindigkeit c .

2. ist inkompatibel mit der Galilei Transformation

Geschwindigkeiten addieren nicht einfach.

$$[v] = \frac{m}{s}$$

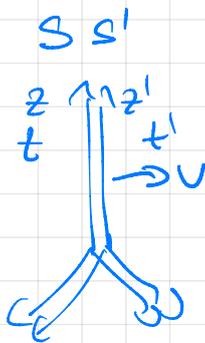
m und s verhalten sich
unequalwertig

Es gibt kein ausgezeichnetes Koordinatensystem,
keinen 0-Punkt, im Universum.

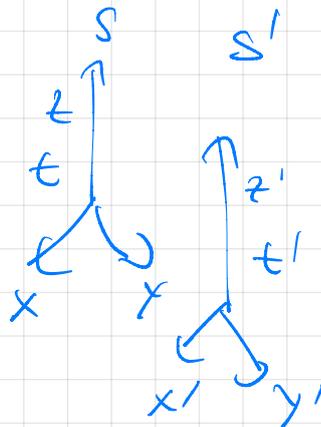
Alle relativ zueinander bewegte Inertialsysteme
sind gleichwertig.

→ Relativitätstheorie

Wir brauchen einen Zusatz für den Galilei Transform.



$$t=0 : t' = t$$
$$z = z' \text{ etc.}$$



1. klassischer Grenzfall für $v \rightarrow 0$
Galilei Transform

2. Transform muss symmetrisch sein
Gleiches Resultat für v und $-v$

3. Die Lichtgeschwindigkeit muss gleich sein

Ansatz: $x' = \gamma(u) (x - vt)$ $\gamma = 1 = \text{Galilei}$

$x = \gamma(-v) (x' + vt')$

$\gamma(-v) = \gamma(v)$

$x = c \cdot t$

$x' = c \cdot t'$

$x' = \gamma(u) (x - v \frac{x}{c}) = \gamma(u) \cdot x \cdot (1 - \frac{v}{c})$

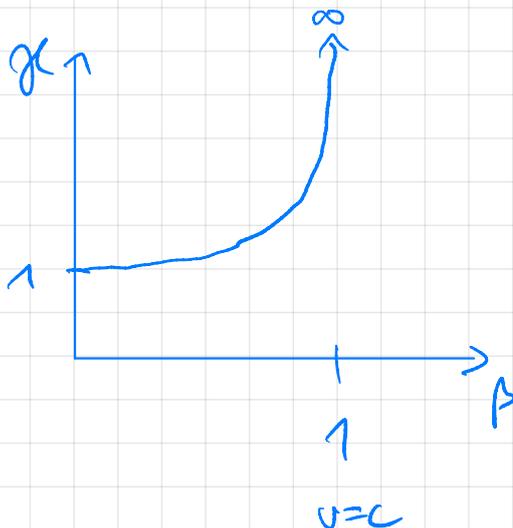
$x = \gamma(-v) (x' + v \frac{x'}{c}) = \gamma(-v) \cdot x' \cdot (1 + \frac{v}{c})$

$\cancel{x} \cdot \cancel{x'} = \gamma^2(u) \cancel{x} \cdot \cancel{x'} (1 - (\frac{v}{c})^2)$

$\gamma(u) = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} \quad \beta = \frac{v}{c}$

γ : Lorentz-Faktor

β : Boost-Faktor



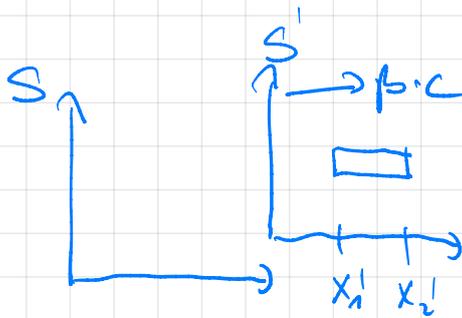
Lorentz-Isafo

$x' = \gamma(u_x) \cdot (x - v_x t)$

$y' = \gamma(u_y) \cdot (y - v_y t)$

$z' = \gamma(u_z) \cdot (z - v_z t)$

Länge Kontraktion



Messung der Länge ist
Messung der Position
 x_1' und x_2' zur selben
Zeit.

$$L' = x_2' - x_1'$$

In S bewegt sich das Objekt!

$$L = x_2(t_m) - x_1(t_m) \quad t_m \text{ Messzeit}$$

$$L' = \mu (x_2 - \beta c t_m) - \mu (x_1 - \beta c t_m)$$

$$= \mu (x_2 - x_1) = \mu L$$

$$L = \frac{L'}{\mu}$$

Länge Kontraktion

$$L = \frac{L'}{\mu}$$