Spezielle Relativitätstheorie

historisches: - Endlichkeit der Lichtgeschwindigkeit erstmalig gezeigt durch dän. Astronom O. Rømer ca. 1676 anhand Analyse der Verfinsterungen des Jupitermondes Io, später durch nachgewiesene Aberration des Sternlichts (Bradly, 1729);

- Maxwells Elektrodynamik deutet Licht als elektromagnetische Welle (19 Jhdt.), die sich im "Äther" ausbreitet
- Nachweis des Äthers durch Messung einer richtungsabhängigen Lichtgeschwindigkeit erfolglos (ins. Michelson, Morley ~1880-90), stattdessen Evidenz für "Konstanz der Lichtgeschwindigkeit"
- Lorentz (niederländ. Physiker) erklärt die Experimente von Michelson und Morely mittels Längenkontraktion materieller Gegenstände durch "Ätherwind"
- Einstein erkennt "Relativität der Elektrodynamik" und kommt damit 1905 zur Speziellen Relativitätstheorie (SRT) ("Zur Elektrodynamik bewegter Körper")

Postulate der SRT

(I) In allen Inertialsystemen gelten dieselben Naturgesetze

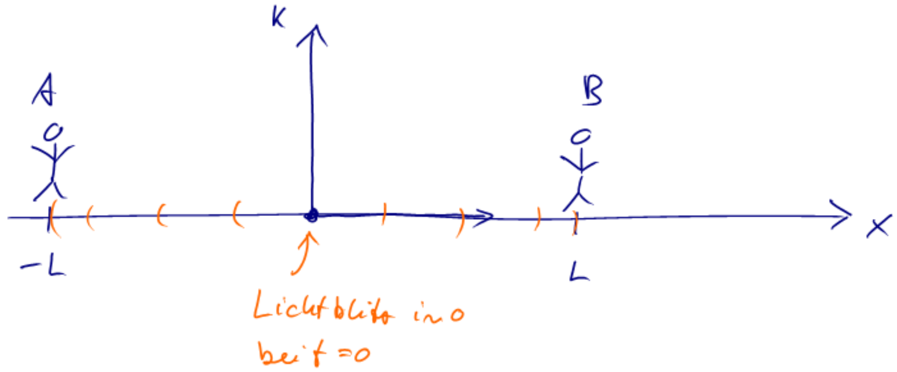
(II) In jedem Inertialsystem breitet sich Licht mit derselben Lichtgeschwindigkeit c aus, unabhängig vom Bewegungszustands des emittierenden Körpers.

Experiment: $c \simeq 3{,}00 \cdot 10^8 \, m/s$.

kurz: "Konstanz der Lichtgeschwindigkeit"

⌈ wer möchte, darf auch (II) als Spezialfall von (I) auffassen
und sich deshalb auf (I) beschränken ⌋

unmittelbare Folge der Konstanz der Lichtgeschw. ist die
<u>Relativität der Gleichzeitigkeit</u>



→ Beobachter A und B registrieren Lichtblitz zu Zeiten

$$t_A = L/c = t_B \quad , \quad \text{d.h. insb. \underline{gleichzeitig}}$$

• bzgl. eines relativ zu K mit $\vec{v} = v\hat{x}$ bewegten IS K'
bewegen sich A und B mit Geschw. $\vec{v}'_{A/B} = -v\hat{x}$;
nach Post (II) breitet sich Licht aber auch in K' mit
Geschw. c aus

→ t'_A bestimmt durch $L + v t'_A \overset{!}{=} c t'_A$

d.h. $t'_A = \dfrac{L}{c-v}$

→ t'_B bestimmt durch $L - v t'_B = c\, t'_B$

d.h. $t'_B = \dfrac{L}{c+v}$

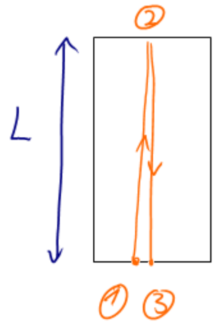
d.h. der Lichtblitz erreicht von K' aus betrachtet
die Beobachter A und B zu <u>unterschiedlichen</u> Zeiten
$t'_B < t'_A$!

Zeitdilatation

„bewegte Uhren laufen langsamer!"

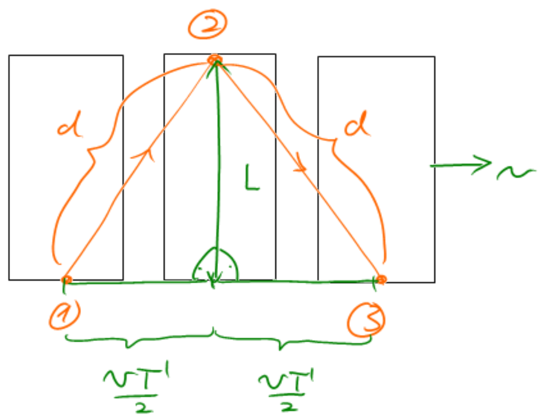
anschaulich am Beispiel einer Lichtuhr:

a) Uhr ruhend:



Taktzeit $T = \frac{2L}{c}$

b) Uhr gleichf. bewegt mit Geschw. v:



$$d^2 = L^2 + \left(\frac{vT'}{2}\right)^2$$

$\rightarrow$ Taktzeit T' bestimmt durch $T' = \frac{2d}{c}$,

$$\rightarrow \quad T'^2 = \frac{4}{c^2}\left(L^2 + \left(\frac{v\,T'}{2}\right)^2\right) = \underbrace{\left(\frac{2L}{c}\right)^2}_{= T^2} + \frac{v^2}{c^2}\,T'^2$$

$$\rightarrow \quad \boxed{T' = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \cdot T}$$

Beispiel: verzögerter Mesonen-Zerfall ... (Hall, Rossi 1941)

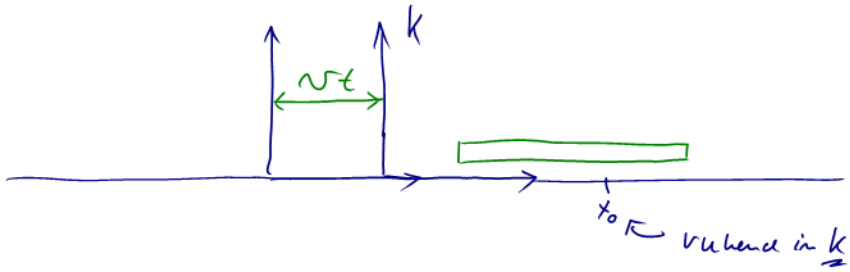
Längenkontraktion

„ bewegte Maßstäbe erscheinen verkürzt !"

Maßstab ruhe in K',

Länge in K' : $\ell' \equiv \ell_0$: Ruhelänge des Stabs ✓

Länge in K : $\ell = ?$



Ereignis A : Stabanfang passiert x_0 zur Zeit t_A

Ereignis B : Stabende " " " " t_B

mit $\Delta t = t_B - t_A$ gilt also in K :

$$\boxed{\ell \overset{!}{=} v \Delta t} \quad (1)$$

aus K' beobachtet :

Ereignis A : Punkt x_0 passiert Stabanfang zur Zeit t_A'

" " B : " " " " Stabende " " t_B'

mit $\Delta t' = t_B' - t_A'$ also

$$\boxed{\ell' = v \Delta t'} \quad (2)$$

$\frac{(1)}{(2)}$: $\quad \frac{\ell}{\ell'} = \frac{\Delta t}{\Delta t'} = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$; d.h. $\boxed{\ell = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}\, \ell'}$

Längenkontraktion