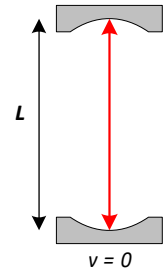


Zeitdilatation

Im bewegten Bezugssystem S' (Zug) soll sich eine Lichtuhr befinden.

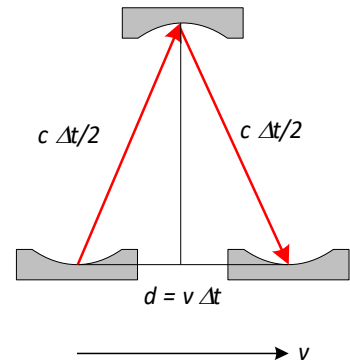
Am unteren Spiegel wird ein Lichtsignal ausgesandt, das oben reflektiert wird und sich wieder nach unten bewegt.¹

Das Signal benötigt für einen vollen Durchlauf die Zeit $\Delta t' = 2 \cdot \frac{L}{c}$



Ein Beobachter im System S (Bahnsteig) nimmt einen anderen Vorgang wahr: Während das Lichtsignal nach oben läuft, bewegt sich der obere Spiegel nach rechts. Bis das Signal unten wieder ankommt hat sich der untere Spiegel um ein Stück d weiter nach rechts bewegt.

Der Lichtstrahl muss also einen längeren Weg zurücklegen und braucht dafür (wegen der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit) eine längere Zeit Δt .



Pythagoras:

$$\begin{aligned} \left(c \cdot \frac{\Delta t}{2}\right)^2 &= L^2 + \left(\frac{d}{2}\right)^2 \\ \left(c \cdot \frac{\Delta t}{2}\right)^2 &= \left(c \cdot \frac{\Delta t'}{2}\right)^2 + \left(v \cdot \frac{\Delta t}{2}\right)^2 \\ c^2 \Delta t^2 &= c^2 \Delta t'^2 + v^2 \Delta t^2 \\ \Delta t^2 (c^2 - v^2) &= c^2 \Delta t'^2 \\ \Delta t^2 \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right) &= \Delta t'^2 \\ \Delta t^2 &= \frac{\Delta t'^2}{1 - \frac{v^2}{c^2}} \\ \Delta t &= \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \end{aligned}$$

Das Lichtsignal braucht für den ruhenden Beobachter (S) also scheinbar länger als für den mitbewegten Beobachter S':

Eine Uhr, die sich relativ zu einem Beobachter (schnell) bewegt, geht für diesen Beobachter langsamer.

Im Oktober 1971 startete ein Flugzeug zu einem Flug um die Erde. An Bord befand sich eine Caesium-Atomuhr, die beim Start exakt die gleiche Zeit wie eine zweite gleichartige Caesium-Atomuhr anzeigt, die am Startort zurückblieb. Bei der Ankunft nach der Erdumrundung und einer Flugzeit von 41,2 Stunden zeigte die bewegte Uhr 59 ns weniger als die am Standort befindliche an.²

→ „Zwillingsparadoxon“

1 nach Dieter Meschede, Gerthsen Physik, 23. Auflage, Springer Verlag Berlin, 2006, S. 613
 2 Impulse Physik 11, Ernst Klett Verlag, Stuttgart, Leipzig, 1. Auflage 2009, S. 52