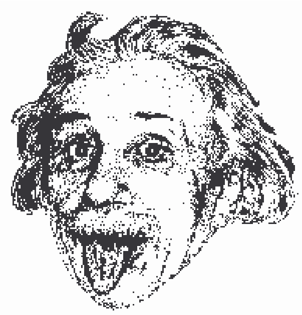

Einsteins spezielle Relativitätstheorie

Lektion 6b

Zeitdilatation und Längenkontraktion... – 1905 herrschte tiefe Skepsis

Im Jahr 1905 hatte Albert Einstein seine SRT an eine Münchner Wissenschaftszeitschrift geschickt. Das, was die Redakteure in Einsteins Schrift lasen, löste in der Verlagssitzung jede denkbare Reaktion aus – Kopfschütteln genau so wie helle Begeisterung:

> *„Meine Herren! Diese Schrift beinhält entweder den größten Blödsinn, den wir je gelesen haben, – oder sie wird das Weltbild der Menschheit von Grund auf verändern.“*

Grund für die Skepsis war sicherlich, dass **jeglicher experimenteller Beweis** für Phänomene der SRT wie die Zeitdilatation fehlte. Albert Einstein hatte in seiner Schrift 1905 nur gefordert, dass es die **Zeitdilatation** oder auch die **Längenkontraktion** zwingend geben **müsse**.

Ein Beleg für diese Behauptung war in der Arbeit zur SRT nicht zu finden.

Wieso es keinerlei Beweis für Phänomene wie „Zeitdilatation“ gab

Im Alltag spielt **Zeitdilatation** keine Rolle – ebenso wie bei nahezu allen physikalischen Versuchen bis zu Einsteins SRT.

Wir nehmen einmal an, in ganz Bayern gäbe es eine synchronisierte **Eigenzeit *t***.
Diese Eigenzeit gilt dann natürlich auch in Straubing und München (**Bezugssystem B**).

Wir fahren im **Auto** von Straubing nach München mit einer Geschwindigkeit von $v = 200\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$. Wir im Auto gehören zum **mitbewegten Bezugssystem B’** und ermitteln als Fahrtzeit: $t’$ = 1h 35min = 95 min.

FRAGE: Wie lange dauert diese Fahrt, gemessen im **unbewegten Bezugssystem B**?

LÖSUNG: Es ist stets sinnvoll, statt der Geschwindigkeit v deren Bruchteil im Vergleich zur Lichtgeschwindigkeit zu kennen (also: $\frac{v}{c}$).

$$c = 300.000\,\frac{\text{km}}{\text{s}} = 1.080.000.000\,\frac{\text{km}}{\text{s}} \quad\Rightarrow\quad \frac{v}{c} = \frac{200}{1.080.000.000} \approx \underline{\underline{1{,}85 \cdot 10^{-7}}}$$

Das heißt, dass sich das Auto mit $1{,}85 \cdot 10^{-7}$-facher Lichtgeschwindigkeit bewegt. Dies ist ein winziger Bruchteil ($1{,}85 \cdot 10^{-7} = 0{,}000000185$).

Nach Einsteins Formel für die Zeitdilatation dauert der gleiche Vorgang länger, wenn wir dessen Dauer im unbewegten Bezugssystem messen.

Für die Dauer *t* der Fahrt – gemessen im ruhenden Bezugssystem B gilt:

$$t = \frac{t'}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{t'}{\sqrt{1-\left(\frac{\mathbf{v}}{\mathbf{c}}\right)^2}} = \frac{t'}{\sqrt{1-\mathbf{0{,}000000185}^2}} =$$

$$= \frac{t'}{\sqrt{1-0{,}0000000000000342}} = \frac{t'}{\sqrt{0{,}9999999999999658}}$$

$$\approx \frac{t'}{0{,}99999999999998} \approx 1{,}00000000000002 \cdot t' \approx \underline{\underline{1\text{h}\ 35\,\text{min}}}$$

Bei so „niedrigen“ Geschwindigkeiten wie im Alltag spielt die Zeitdilatation keine Rolle. Im obigen Beispiel beträgt der Unterschied zwischen der Zeitdauer *t* und *t'* nur etwa ein **Zehnmilliardstel einer Sekunde**! Selbst wenn wir 80 Jahre lang diese Fahrt täglich zweimal über uns ergehen lassen, wächst die gesamte Differenz zwischen *t* und *t'* maximal auf eine $\frac{1}{140000}$ Sekunde...

Einsteins Formel für die **Zeitdilatation** lässt sich besonders einfach berechnen, wenn wir das Verhältnis $\frac{v}{c}$ kennen. Der Wert $\frac{v}{c}$ lässt sich dann direkt in die Formel einsetzen.
Beispiel: Wenn jemand mit 10% Lichtgeschwindigkeit fährt, so ist: $\frac{v}{c} = 0{,}10$

Aufgabe 4.6: Zeitdilatation ist z.B. in der Astronomie extrem wichtig

►*Wir gehen davon aus, dass es auf Erde und Mond ein synchronisiertes Zeitsystem t gibt. Dann können wir Erde und Mond als **unbewegtes Bezugssystem B** betrachten.*

*Angenommen, eine Rakete ist mit der Geschwindigkeit v von der Erde zum Mond unterwegs. Die Astronauten der Rakete befinden sich im **mitbewegten Bezugssystem B'**. Die mitreisenden Astronauten ermitteln als Zeitdauer der Reise: t' = 10 Tage = 240 h.*

*Wie lange dauert die Mondreise für Beobachter, die im **unbewegten Bezugssystem B** leben (Zeitdauer t)?*

Berechne hierzu zu verschiedenen Geschwindigkeiten v die zugehörigen Zeitdauern t:

$\frac{v}{c}$	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	0,9	0,99	0,999
t	240,012h	240,048h	...	...	244,95h	...	...	...	...
Zeitdifferenz *t – t'*	0,012h ≈ 43s	0,048h ≈ 3min	...	...	4,95h ≈ 5h	...	...	...	...