

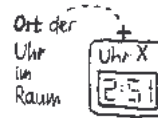
# Einsteins spezielle Relativitätstheorie

## Lektion 4b

### So kann man Uhren nicht synchronisieren

Um uns überhaupt noch sinnvoll über „Zeit“ unterhalten zu können, benötigen wir ein Verfahren, um mehrere Uhren an **verschiedenen Orten** auf die **gleiche Zeit** zu stellen (d. h. zu **synchronisieren**).

Bezugssystem B



Der Vorschlag der letzten Lektion 4a sah vor, zwei Uhren am gleichen Ort X auf 0:00 Uhr zu stellen. Anschließend bringt man eine der Uhren von Ort X zum Ort Y. Man sollte dann zwei Uhren besitzen, die am Ort X und am Ort Y jeweils die gleiche Zeit anzeigen.

Dieses Verfahren funktioniert nicht.

Das Problem entsteht durch den Transport der Uhr von Ort X nach Ort Y:

*Bewegte Uhren gehen langsamer als ruhende Uhren...*

Solange die Uhren beide an Ort X sind, laufen sie noch synchron. Bei dem Transport einer Uhr von Ort X nach Ort Y wird deren Zeit jedoch langsamer verlaufen als bei der ruhenden Uhr. Sobald sich dann die Uhren an Ort X bzw. an Ort Y befinden, werden sie nicht mehr die gleiche Zeit anzeigen...

### Licht kann helfen, zwei Uhren zu synchronisieren!

Aber es ist möglich, zwei Uhren zu synchronisieren. Hierzu bauen wir die Uhren so, dass sie per Lichtimpuls auf 0:00 Uhr gestellt werden können.

Wir benutzen einen so genannten **Licht-Impuls-Generator (LIG)**.

Ein LIG kann Lichtimpulse losschicken.

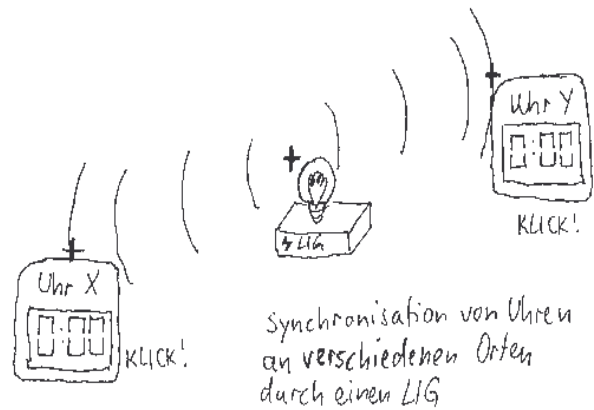


Wenn wir nun zwei ruhende Uhren an verschiedenen Orten X und Y synchronisieren wollen, so müssen wir nur einen **LIG in der Mitte zwischen X und Y** platzieren und von dort einen Lichtimpuls aussenden. Der Lichtimpuls wird die Uhren gleichzeitig erreichen.

Sie werden gleichzeitig auf 0:00 Uhr gestellt.

Solange beide Uhren ruhen, werden sie synchron weiterlaufen.

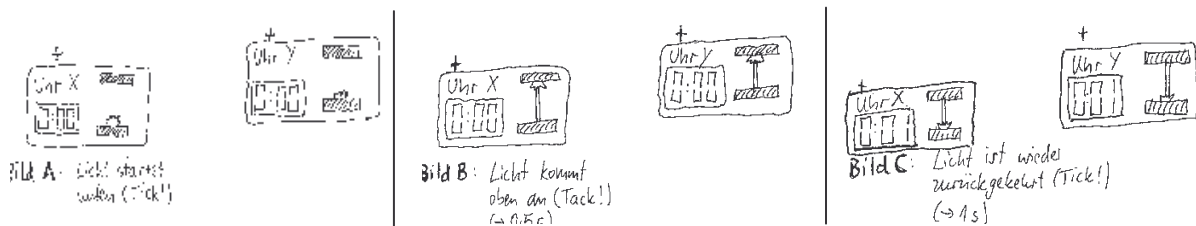
*Innerhalb eines Bezugssystems ist es an jedem beliebigen Ort möglich, ruhende Uhren untereinander zu synchronisieren. Solange diese Uhren in dem Bezugssystem ruhen, laufen sie synchron.*



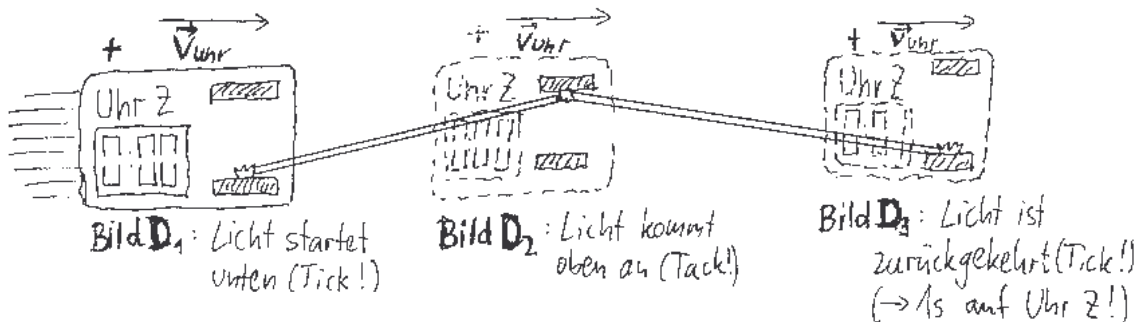
### Eine bewegte Uhr besucht synchronisierte, ruhende Uhren

Wir stellen uns ein **Bezugssystem** mit lauter **synchronisierten, ruhenden Uhren** an verschiedenen Orten vor. Alle Uhren sind Lichtuhren. Also läuft je ein Lichtstrahl in ihnen hin und her. Nach jedem Weg des Lichts hin und her zählt eine Lichtuhr um eine Sekunde weiter.

In unserem Beispiel gibt es zwei **synchronisierte, ruhende Uhren X und Y**:



In dieser Situation fliegt eine **bewegte Uhr Z** mit Geschwindigkeit  $v_{Uhr}$  durch das Bezugssystem. Auch die Uhr Z ist eine Lichtuhr. In unserem Bezugssystem erscheint der Lichtweg der Uhr Z wegen ihrer Bewegung nicht als „Auf-und-Ab“, sondern als „**Zick-Zack-Kurve**“.



► Nehmen wir an, die bewegte Uhr Z sei zu Beginn am gleichen Ort wie die ruhende Uhr X. Beide sollen in diesem Moment 0:00 Uhr zeigen. Dann kann man mit Fug und Recht behaupten: „Bild A und Bild D<sub>1</sub> passieren gleichzeitig.“

Nach der SRT ist die Lichtgeschwindigkeit stets gleich groß:

In welche zeitliche Abfolge müsste man die Bilder A, B, C, D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub> bringen?