



Posten 2

Was heißt hier „gleichzeitig“?

Sozialform:	Einzel- oder Partnerarbeit
Bearbeitungszeit:	20 Minuten
Voraussetzung:	Posten 1 „Einsteins Postulate“

2.1. Einleitung

Durch die Postulate der Relativitätstheorie verlieren der absolute Raum und die absolute Zeit ihre physikalische Realität. Die folgenden Überlegungen werden Ihnen zeigen, dass auch die Vorstellung von einer absoluten Zeit – also einer Zeit, die überall gleich abläuft - nicht mehr länger aufrechterhalten werden können.

In diesem Posten werden Sie lernen, dass Gleichzeitigkeit von Ereignissen von der Beobachtungsposition abhängig ist. Dies werden Sie anhand eines Gedankenexperimentes feststellen.

2.2. Arbeitsauftrag

- 1) Lesen Sie den Text im Abschnitt 2.3 „Gleichzeitigkeit von Ereignissen“ durch.
- 2) Beantworten Sie die Fragen 1 und 2.

2.3. Gleichzeitigkeit von Ereignissen

Vorbemerkung zum Verständnis des Begriffes „Gleichzeitig“:

- Die Gleichzeitigkeit zweier Ereignisse am gleichen Ort kann durch das Beobachten von Koinzidenzen der beiden Ereignisse unmittelbar festgestellt werden. Einstein erläuterte das mit folgendem Beispiel: „Wenn man sagt, jener Zug kommt hier um 7 Uhr an, so bedeutet dies, das Zeigen des kleinen Zeigers meiner Uhr auf 7 und das Ankommen des Zuges sind gleichzeitige Ereignisse“.
- Um Aussagen über die Gleichzeitigkeit weit entfernter Ereignisse machen zu können, benötigt man synchronisierte Uhren. Uhren heißen synchronisiert, wenn sie nicht nur gleich gehen, sondern auch irgendwann zur gleichen Zeit auf den gleichen Stand gebracht worden sind. Wie findet man beispielsweise heraus, ob ein Zug im Hauptbahnhof von Zürich gleichzeitig mit einem Zug im Bahnhof von St. Gallen eintrifft? Man liest die Ankunftszeiten an den jeweiligen Bahnhofsuhren ab (Koinzidenzen) und vergleicht die beiden Zeiten miteinander. Dazu müssen die Uhren natürlich synchronisiert sein.
- Verfahren zur Synchronisation von Uhren: Um zwei Uhren zu synchronisieren, werden von ihrer geometrischen Mitte zwei Lichtsignale gleichzeitig ausgesandt, die bei ihrer Ankunft die beiden Uhren in Gang setzen. Damit ist der Begriff „Gleichzeitig“ definiert.

Stellen Sie sich nun zwei baugleiche Kästen vor, die wie in Abbildung 1 gezeigt aneinander vorbeifliegen. An den Enden der Kästen sind Uhren angebracht, die von den in den Mitten angebrachten Blitzlampen in Gang gesetzt werden. Genau dann, wenn sich die beiden Blitzlampen nebeneinander befinden, werden sie gleichzeitig gezündet und die Lichtsignale laufen zu den Uhren.

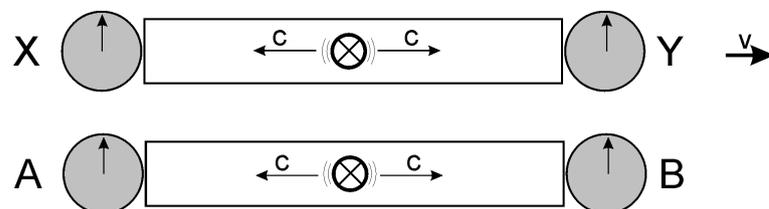


Abb. 1: Zur Synchronisation der Uhren werden die Blitzlampen in der Mitte der Kästen gezündet. Die Signale laufen mit Lichtgeschwindigkeit zu den Uhren.

Vom unteren Kasten aus betrachtet (Abbildung 2), werden die beiden Uhren A und B von den Signalen gleichzeitig erreicht. Im oberen Kasten trifft dagegen das Lichtsignal früher bei der Uhr X und erst später bei der Uhr Y ein, da sich der Kasten während der Laufzeit der Signale bewegt. Aus der Sicht des unteren Kastens sind also die beiden Uhren A und B synchronisiert, während die Uhren X und Y zu verschiedenen Zeiten in Gang gesetzt werden.

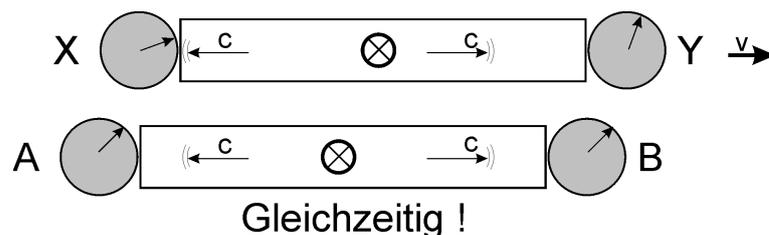


Abb. 2: Vom unteren Kasten aus gesehen werden die Uhren A und B gleichzeitig von den Lichtsignalen erreicht, während im oberen Kasten die Uhr X früher von dem Lichtsignal erreicht wird als die Uhr Y.

Den Vorgang kann man ebenso gut aus der Sicht des oberen Kastens betrachten (Abbildung 3). Nun werden die beiden Uhren X und Y gleichzeitig von den Lichtsignalen erreicht, während die Uhren A und B, da sich jetzt der untere Kasten relativ zum oberen bewegt, zu verschiedenen Zeiten von den Lichtsignalen erreicht werden. Aus der Sicht des oberen Kastens ist die Situation also gerade umgekehrt: Die Uhren X und Y sind synchronisiert, während die Uhren A und B zu verschiedenen Zeiten in Gang gesetzt werden.

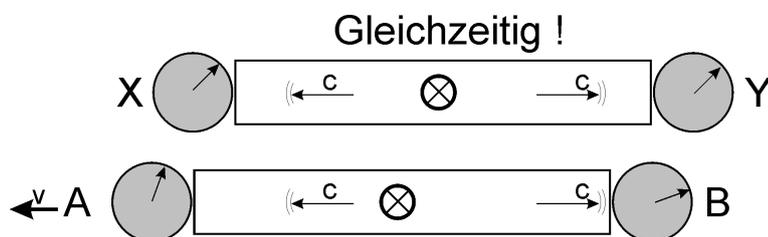


Abb. 3: Aus der Sicht des oberen Kastens hingegen werden X und Y synchronisiert, während B früher als A in Gang gesetzt wird.

Folgerung: Das Relativitätsprinzip gestattet es nicht, eines der beiden Bezugssysteme auf irgendeine Weise vor dem anderen auszuzeichnen, so dass beide Aussagen, obwohl sie sich scheinbar widersprechen, bestehen bleiben. Das heisst aber, dass es eine absolute Gleichzeitigkeit nicht gibt.

Zwei in einem Inertialsystem gleichzeitige Ereignisse finden in einem relativ dazu bewegten Inertialsystem zu verschiedenen Zeiten statt, sofern sie an zwei verschiedenen Orten stattfinden. **Gleichzeitigkeit ist also relativ.** Sie hängt vom betrachteten Inertialsystem ab.

Aufgabe 1: Drei Raumschiffe fliegen hintereinander her mit gleichem Abstand. Das mittlere Schiff sendet einen Funkspruch aus: „Frühstück einnehmen!“ Von den Besatzungen aus gesehen, kommt der Befehl vorn und hinten gleichzeitig an. Wenn wir von der Erde aus die Raumschiffe beobachten, was sehen wir dann?



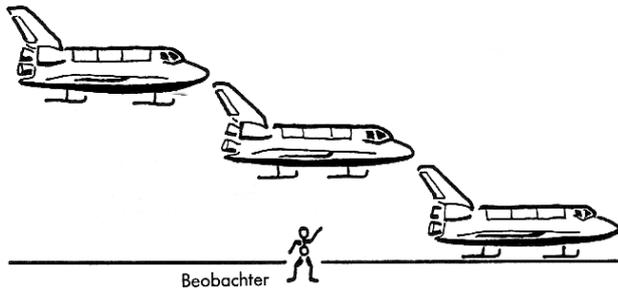
Antwort **a**: Die Mannschaft des vorderen Schiffes greift zuerst zum Brötchen.

Antwort **b**: Beide beginnen das Frühstück gleichzeitig.

Antwort **c**: Die Mannschaft des hinteren Schiffes fängt zuerst an zu frühstücken.

Welche der Antworten ist richtig? Begründen Sie.

Aufgabe 2: Sie stehen auf einer Landepiste und beobachten ein Raumschiff, das mit einer extrem hohen Geschwindigkeit landen will. Wenn der Pilot beide Landekufen gleichzeitig ausfährt, beobachten Sie, dass



- die hintere Kufe früher ausgefahren wurde als die vordere.
- die vordere Kufe früher ausgefahren wurde als die hintere.
- beide gleichzeitig ausgefahren wurden.

Welche der Antworten ist richtig?
Begründen Sie.

(Bild und Idee aus Epsteins Physikstunde)

Aufgabe 3: Der Relativitätsexpress rast mit nahezu Lichtgeschwindigkeit dahin. Da schlägt ein Blitz genau in die Mitte des Zuges in das Stromaggregat ein und legt die Stromversorgung lahm. Daraufhin verlöschen im Zug die Lichter der Reihe nach. Diese Hell-Dunkel-Grenze bewegt sich mit Lichtgeschwindigkeit durch den Zug. In der unteren Abbildung sehen Sie die Situation, wie sie sich für die Reisende darstellt. Rücklicht und Scheinwerfer gehen gleichzeitig aus.

Wie sieht ein Bahnwärter die Lichter ausgehen, wenn er zur Zeit des Blitzeinschlags auf der Höhe der Mitte des Zuges stand? Gehen für ihn Rücklichter und Scheinwerfer gleichzeitig aus? Zeichnen Sie mit einer anderen Farbe die Wellenfronten des Blitzes ein, wie sie sich für ihn ergeben.

