

(Aus Anregung durch Gästebucheinträge)

Die Absolutheit der Gleichzeitigkeit

Einstein schreibt in "§1. Definition der Gleichzeitigkeit." seiner Schrift "Zur Elektrodynamik bewegter Körper" folgendes:

"Befindet sich im Punkte A des Raumes eine Uhr, so kann ein in A befindlicher Beobachter die Ereignisse in der unmittelbaren Umgebung von A zeitlich werten durch Aufsuchen der mit diesen Ereignissen gleichzeitigen Uhr Zeigerstellungen. Befindet sich auch im Punkte B des Raumes eine Uhr — wir wollen hinzufügen, „eine Uhr von genau derselben Beschaffenheit wie die in A befindliche“ — so ist auch eine zeitliche Wertung der Ereignisse in der unmittelbaren Umgebung von [894] B durch einen in B befindlichen Beobachter möglich. Es ist aber ohne weitere Festsetzung nicht möglich, ein Ereignis in A mit einem Ereignis in B zeitlich zu vergleichen; wir haben bisher nur eine „A-Zeit“ und eine „B-Zeit“, aber keine für A und B gemeinsame „Zeit“ definiert. Die letztere Zeit kann nun definiert werden, indem man durch Definition festsetzt, daß die „Zeit“, welche das Licht braucht, um von A nach B zu gelangen, gleich ist der „Zeit“, welche es braucht, um von B nach A zu gelangen. Es gehe nämlich ein Lichtstrahl zur „A-Zeit“ t_A von A nach B ab, werde zur „B-Zeit“ t_B in B gegen A zu reflektiert und gelange zur „A-Zeit“ t'_A nach A zurück. Die beiden Uhren laufen definitionsgemäß synchron, wenn $t_B - t_A = t'_A - t_B$ "

In "§2. Über die Relativität von Längen und Zeiten." gibt er an:

"Es sei ein ruhender starrer Stab gegeben; derselbe besitze, mit einem ebenfalls ruhenden Maßstabe gemessen, die Länge l . Wir denken uns nun die Stabachse in die X-Achse des ruhenden Koordinatensystems gelegt und dem Stabe hierauf eine gleichförmige Paralleltranslationsbewegung (Geschwindigkeit v) längs der X-Achse im Sinne der wachsenden x erteilt. Wir fragen nun nach der Länge des bewegten Stabes, welche wir uns durch folgende zwei Operationen ermittelt denken:

a) Der Beobachter bewegt sich samt dem vorher genannten Maßstabe mit dem auszumessenden Stabe und mißt direkt durch Anlegen des Maßstabes die Länge des Stabes, ebenso, wie wenn sich auszumessender Stab, Beobachter und Maßstab in Ruhe befänden.

b) Der Beobachter ermittelt mittels im ruhenden Systeme aufgestellter, gemäß § 1 synchroner, ruhender Uhren, in welchen Punkten des ruhenden Systems sich Anfang und Ende des auszumessenden Stabes zu einer bestimmten Zeit t befinden. [896] Die Entfernung dieser beiden Punkte, gemessen mit dem schon benutzten, in diesem Falle ruhenden Maßstabe ist ebenfalls eine Länge, welche man als „Länge des Stabes“ bezeichnen kann.

Nach dem Relativitätsprinzip muß die bei der Operation a) zu findende Länge, welche wir „die Länge des Stabes im bewegten System“ nennen wollen, gleich der Länge l des ruhenden Stabes sein.

Die bei der Operation b) zu findende Länge, welche wir „die Länge des (bewegten) Stabes im ruhenden System“ nennen wollen, werden wir unter Zugrundelegung unserer beiden Prinzipien bestimmen und finden, daß sie von l verschieden ist.

Die allgemein gebrauchte Kinematik nimmt stillschweigend an, daß die durch die beiden erwähnten Operationen bestimmten Längen einander genau gleich seien, oder mit anderen

Worten, daß ein bewegter starrer Körper in der Zeitepoche t in geometrischer Beziehung vollständig durch denselben Körper, wenn er in bestimmter Lage ruht, ersetzbar sei.

Wir denken uns ferner an den beiden Stabenden (A und B) Uhren angebracht, welche mit den Uhren des ruhenden Systems synchron sind, d. h. deren Angaben jeweilen der „Zeit des ruhenden Systems“ an den Orten, an welchen sie sich gerade befinden, entsprechen; diese Uhren sind also „synchron im ruhenden System“.

Wir denken uns ferner, daß sich bei jeder Uhr ein mit ihr bewegter Beobachter befinde, und daß diese Beobachter auf die beiden Uhren das im § 1 aufgestellte Kriterium für den synchronen Gang zweier Uhren anwenden. Zur Zeit t_A gehe ein Lichtstrahl von A aus, werde zur Zeit t_B in B reflektiert und gelange zur Zeit t'_A nach A zurück. Unter Berücksichtigung des Prinzips von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit finden wir:

$$t_B - t_A = \frac{r_{AB}}{V - v}$$

und

$$t'_A - t_B = \frac{r_{AB}}{V + v}$$

wobei r_{AB} die Länge des bewegten Stabes — im ruhenden System gemessen — bedeutet. Mit dem bewegten Stabe bewegte Beobachter würden also die beiden Uhren nicht synchron gehend finden, während im ruhenden System befindliche Beobachter die Uhren als synchron laufend erklären würden."

Hierbei zeigt sich, daß die Definition der Synchronizität in § 1 inkorrekt ist:

Synchronizität liegt nicht dann vor, wenn die Lichtlaufzeiten Δt ($= t_B - t_A$) und $\Delta t'$ ($= t'_A - t_B$) gleich sind, sondern wenn gilt: $t^*_A = t_A + \Delta t = t_B$ und $t^*_B = t_B + \Delta t' = t'_A$, wobei t^*_A eben der Zeitpunkt in A ist, wenn das Signal in B eintrifft und t^*_B jener Zeitpunkt in B, wenn das Signal in A eintrifft.

Wenn der Beobachter in A seine "A-Zeit" mit übermittelt, bspw. wenn das Ganze in finsterster Nacht geschieht und das verwendete Lichtsignal die momentane Anzeige der Uhr erhellt, so kann der Beobachter in B, der ja eine Berechnungsformel für die Signalübertragungsdauer Δt von Lichtsignalen vom Punkt A zu sich kennt, zurückrechnen ob seine Empfangszeit abzüglich der Übertragungsdauer der übermittelten "A-Zeit" entspricht, also ob $t_B - \Delta t = t_A$. Gleiches gilt in umgekehrter Richtung $t'_A - \Delta t' = t_B$.

Bei räumlich getrennten Ereignissen ließe sich nur bei instantaner Übertragungsgeschwindigkeit feststellen, ob tatsächlich gilt dass $t^*_A = t_B$ und $t^*_B = t'_A$, aber ob zwei Uhren synchron laufen und man damit folgern kann, daß zwei räumlich getrennte Ereignisse die an den Orten der beiden Uhren stattfinden, wenn diese jeweils die gleiche Zeit zeigen, auch tatsächlich gleichzeitig sind kann man sehr wohl.

Einstein hat später in §9 seiner Schrift "Über die spezielle und allgemeine Relativitätstheorie" ein illustres Beispiel mit den Einschlägen zweier Blitze in einen Bahndamm gewählt, um die "Relativität der Gleichzeitigkeit" dieser Ereignisse zu veranschaulichen.

"Es fahre nun auf dem Geleise ein sehr langer Zug mit der konstanten Geschwindigkeit v in der in Fig. 1 angegebenen Richtung. Menschen, die in diesem Zuge fahren, werden mit Vorteil den Zug als starren Bezugskörper (Koordinatensystem) verwenden; sie beziehen alle Ereignisse auf den Zug. Jedes Ereignis, welches längs des Geleises stattfindet, findet dann auch an einem bestimmten Punkte des Zuges statt. Auch die Definition der Gleichzeitigkeit

läßt sich in bezug auf den Zug in genau derselben Weise geben, wie in bezug auf den Bahndamm. Es entsteht aber nun naturgemäß folgende Frage:

Sind zwei Ereignisse (z. B. die beiden Blitzschläge A und B), welche in bezug auf den Bahndamm gleichzeitig sind, auch in bezug auf den Zug gleichzeitig? Wir werden sogleich zeigen, daß die Antwort verneinend lauten muß.

Wenn wir sagen, daß die Blitzschläge A und B in bezug auf den Bahndamm gleichzeitig sind, so bedeutet dies: die von den Blitzorten A und B ausgehenden Lichtstrahlen begegnen sich in dem Mittelpunkte M der Fahrdammstrecke A — B. Den Ereignissen A und B entsprechen aber auch Stellen A und B auf dem Zuge. Es sei M' der Mittelpunkt der Strecke A—B des fahrenden Zuges. Dieser Punkt M' fällt zwar im Augenblick der Blitzschläge (Vom Fahrdamm aus beurteilt) mit dem Punkte M zusammen, bewegt sich aber in der Zeichnung mit der Geschwindigkeit v des Zuges nach rechts. Würde ein bei M' im Zuge sitzender Beobachter diese Geschwindigkeit nicht besitzen, so würde er dauernd in M bleiben, und es würden ihn dann die von den Blitzschlägen A und B ausgehenden Lichtstrahlen gleichzeitig erreichen, d. h., diese beiden Strahlen würden sich gerade bei ihm begegnen. In Wahrheit aber eilt er (vom Bahndamm aus beurteilt) dem von B herkommenden Lichtstrahl entgegen, während er dem von A herkommenden Lichtstrahl vorseilt. Der Beobachter wird also den von B ausgehenden Lichtstrahl früher sehen, als den von A ausgehenden. Die Beobachter, welche den Eisenbahnzug als Bezugskörper benutzen, müssen also zu dem Ergebnis kommen, der Blitzschlag B habe früher stattgefunden als der Blitzschlag A. Wir kommen also zu dem wichtigen Ergebnis:

Ereignisse, welche in bezug auf den Bahndamm gleichzeitig sind, sind in bezug auf den Zug nicht gleichzeitig und umgekehrt (Relativität der Gleichzeitigkeit). Jeder Bezugskörper (Koordinatensystem) hat seine besondere Zeit; eine Zeitangabe hat nur dann einen Sinn, wenn der Bezugskörper angegeben ist, auf den sich die Zeitangabe bezieht."

Man stelle sich nun zwei synchronisierte Uhren an den Einschlagstellen der Blitze A und B vor, die ja im Bezugssystem des Bahndamms gleichzeitig stattfinden. Es ist wieder stockdunkel und durch die Blitze der Stand der Uhren zum Zeitpunkt des Einschlags klar erkennbar. Mögen die Blitzschläge im fahrenden Zug auch zu unterschiedlichen Zeiten vom Beobachter, der sich zum Zeitpunkt der Einschläge in der Mitte zwischen A und B befand, registriert werden, so wird dennoch der Stand der Uhren der selbe sein. Der Zeitpunkt der Kenntnisaufnahme von einem Ereignis ist nicht gleichzusetzen mit dem Eintritt des Ereignisses selbst! In Einsteins Beispiel wird das leider so gehandhabt, so daß der Trugschluß der "Relativität der Gleichzeitigkeit" entsteht.

Relative Quellenangaben - Stand 16.07.2012:

Zur Elektrodynamik bewegter Körper §1:

http://wikilivres.ca/wiki/Zur_Elektrodynamik_bewegter_Körper

Über die spezielle und allgemeine Relativitätstheorie §2:

[http://archive.org/stream/berdiespezielle00unkngoog - page/n24/mode/2up](http://archive.org/stream/berdiespezielle00unkngoog/page/n24/mode/2up)