7 Gleichzeitigkeit von Ereignissen – der explodierende Waggon

Seit Einstein gilt als evident, dass die Beurteilung von Gleichzeitigkeit zweier Ereignisse vom gewählten Bezugssystem abhängig ist. Die unübersehbare Literatur zu diesem Phänomen (wohlwollend wie kritisch) bezieht sich letztlich auf Einsteins Darstellung (z.B. in „Relativitätstheorie gemeinverständlich, Vieweg 1922“).

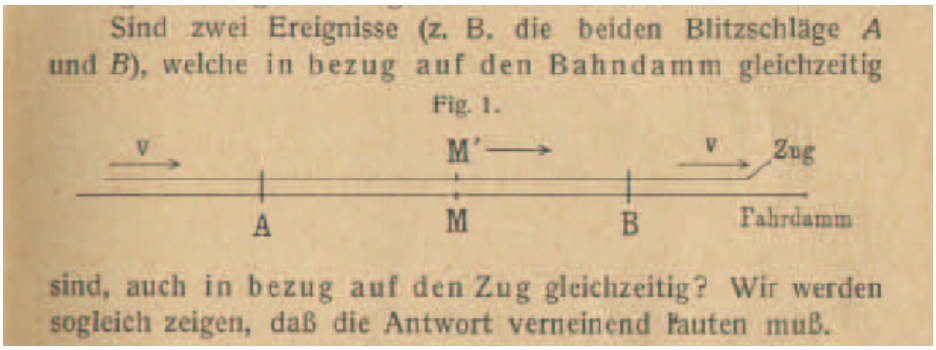
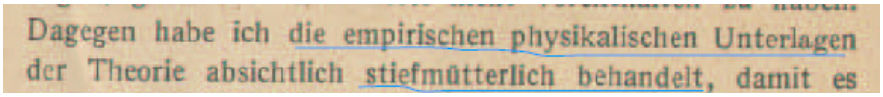

Sind zwei Ereignisse (z. B. die beiden Blitzschläge *A* und *B*), welche in bezug auf den Bahndamm gleichzeitig

Fig. 1.

sind, auch in bezug auf den Zug gleichzeitig? Wir werden sogleich zeigen, daß die Antwort verneinend lauten muß.

Könnte es sein, dass dieses „Gedankenexperiment“ auf einer unzulässigen Voraussetzung beruht?

Das Licht zweier gleichzeitig einschlagender Blitze auf dem Bahndamm bei A und B wird vom ruhenden Beobachter M unstrittig gleichzeitig registriert.
Vom in der Mitte des Zuges (Länge AB) postierten Beobachter M’ wird behauptet, dieser müsste (von M aus betrachtet) ein ungleichzeitiges Eintreffen der Lichtsignale beobachten, da er sich dem B-Signal entgegen bewegt und es deshalb früher registriert als das nachlaufende A-Signal.
Die Richtigkeit dieser Behauptung wird bis heute mit zunehmender Schärfe diskutiert. Die Ursache dafür ist wesentlich in den verschiedenen methodischen Herangehensweisen von Mathematikern (Theoretischen Physikern) und Experimentalphysikern an das Problem zu sehen. Einstein konzentriert sich auf eine abstrakte mathematische Behandlung des Problems und bekümmert sich ausdrücklich nur „stiefmütterlich“ um „die empirischen physikalischen Unterlagen der Theorie“.


Dagegen habe ich die empirischen physikalischen Unterlagen der Theorie absichtlich stiefmütterlich behandelt, damit es

Doch der Experimentalphysiker weiß z.B. um die komplexen Zusammenhänge bei der Generierung elektromagnetischer Wellen am Dipol, die mit einem Lichtpunktmodell nur unzureichend beschreibbar sind und zu unhaltbaren Schlussfolgerungen führen können. Am Anfang seiner Tätigkeit analysiert er das Problem auf der Basis anerkannter Grundsätze.

<u>Analyse des Experimentalphysikers</u>

1. Die Naturgesetze können im Laborsystem „Bahndamm“ bzw. „gleichförmig bewegter Waggon“ unabhängig voneinander abgeleitet werden. Die Ergebnisse von gleichen Experimenten unter gleichen Bedingungen führen in beiden Systemen zu gleichen Ergebnissen.
2. Der Blick vom Bahnsteig zum bewegten Waggonlabor verzerrt die Wahrnehmung und führt auf ein Transformationsproblem, stellt aber nicht die unabhängig gewonnenen Naturgesetze bzw. Messdaten infrage.
3. Die Basisbehauptung der SRT, „was gleichzeitig ist, gilt nicht absolut, sondern hängt vom Inertialsystem ab“ setzt das Transformationsproblem an den Anfang aller Betrachtung und ordnet diesem die Ableitung der Naturgesetze bzw. deren Interpretation unter.
4. Der Experimentalphysiker kritisiert dieses Vorgehen, weil die theoretisch behaupteten Ergebnisse nicht mit den tatsächlichen Messungen übereinstimmen. **Er nimmt nicht hin, dass die in beiden Laboren unabhängig voneinander gemessene Gleichzeitigkeit als primäres Ereignis bestritten wird, nur weil ein sekundärer Beobachter das Transformationsproblem unglücklich gelöst hat** und Ungleichzeitigkeit zu sehen behauptet.
5. Prinzipiell sind Experimente und deren Ergebnisse in jedem relativ zueinander gleichförmig bewegten System reproduzierbar und bilden das primäre Material zu einer sekundären Interpretation durch irgendwelche Beobachter bzw. Philosophen. In diesem Sinne ist und

bleibt Gleichzeitigkeit absolut. Das wird besonders augenfällig, wenn es um irreversible Vorgänge geht, wie sie weiter unten im „Experiment vom explodierenden Waggon“ beschrieben werden.

Auf welcher unzulässigen Voraussetzung beruht das Einsteinsche Gedankenexperiment?
Die einschlagenden Blitze werden als Synonyme für *punktartige* Ereignisse benutzt.
Damit werden die Blitzeinschläge als Ereignisorte A (Bahndamm) und A’ (hintere Waggonwand) bzw. B (Bahndamm) und B’ (vordere Waggonwand) als jeweils identische Lichtpunkte definiert, die zum gleichen Zeitpunkt jeweils einen ausdehnungslosen Puls aussenden.

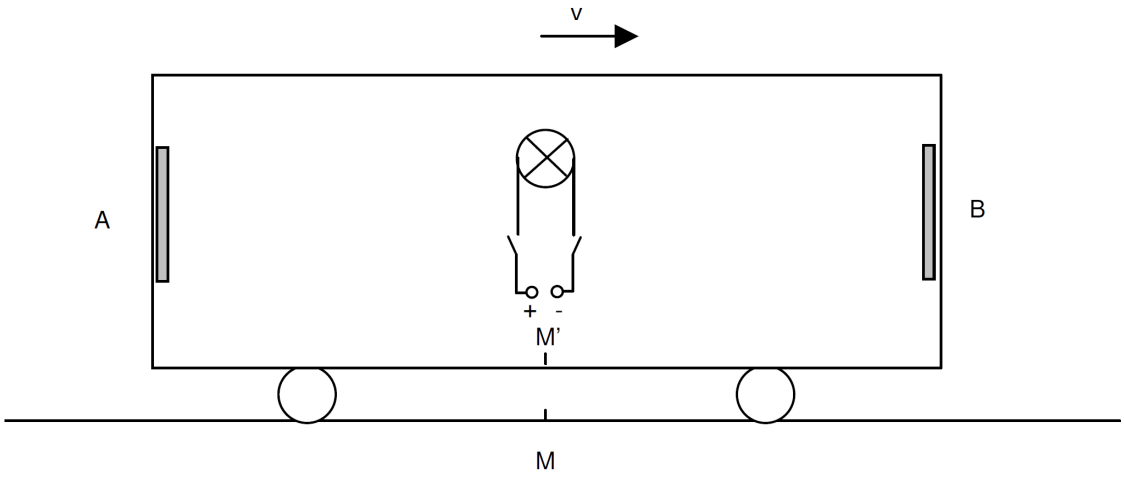
Warum ist eine solche Voraussetzung unzulässig?
1. Licht ist nicht punktförmig und wird nur in Portionen der Wellenlänge λ abgestrahlt.
2. Zwei relativ zueinander bewegte Systeme unterscheiden sich in ihrer Relativgeschwindigkeit in jedem physischen Detail, so dass auch jede einzelne Lichtquelle A gegenüber A’ diese Relativgeschwindigkeit besitzt.

a) Schlagen die Blitze bei A und B auf dem Bahndamm ein, so registriert nur M Gleichzeitigkeit.
b) Schlagen die Blitze an hinterer und vorderer Waggonwand ein, so registriert nur M’ Gleichzeitigkeit.
c) Schlagen die Blitze bei A und A’ bzw. B und B’ gleichzeitig ein (vier Ereignisse!), so fallen die Ereignisse scheinbar auseinander: M registriert Gleichzeitigkeit für die Bahndammereignisse, aber Ungleichzeitigkeit für die Waggonereignisse. M’ hingegen registriert Gleichzeitigkeit für die Waggonereignisse, aber Ungleichzeitigkeit für die Bahndammereignisse.

In jedem Inertialsystem gelten die gleichen Naturgesetze und also auch die Erfahrungen betreffs Gleichzeitigkeit. Dass beim Übergang von einem ins andere System gewisse Transformations-Regeln gelten, sollte nicht überraschen.

Aus der üblichen Erklärung für die unterschiedliche Bewertung von Gleichzeitigkeit für verschieden bewegte Beobachter lässt sich ein Experiment ableiten, das zu haarsträubend absurden, d.h. physikalisch unmöglichen Ergebnissen führt.

Experiment vom explodierenden Waggon



Von den Dipolen A und B starten gleichzeitig Signale. Eine Elektronik in der Mitte des Waggons ist so eingerichtet, dass bei Ankunft der Front des Signals von A der Schalter links geschlossen wird, entsprechend schließt der Schalter rechts bei Signalankunft von B. Nur bei gleichzeitigem Schließen fließt ein Strom und lässt die Lampe dauerhaft leuchten. Schaltet ein Schalter allein, so wird er durch die Elektronik sofort wieder ausgeschaltet, so dass kein Strom dauerhaft fließen kann. Damit wird für das Waggonsystem experimentell nachprüfbar über gleichzeitiges bzw. ungleichzeitiges Eintreffen der

Signale entschieden: Leuchten der Lampe zeigt Gleichzeitigkeit an, bei Ungleichzeitigkeit bleibt die Lampe dunkel.
Ein Beobachter M' in der Mitte des Waggons wird unter den gegebenen Voraussetzungen stets das gleichzeitige Schalten wahrnehmen, so dass die Lampe danach stets dauerhaft leuchtet – unabhängig davon, ob der Waggon ruht oder mit einer konstanten Geschwindigkeit v unterwegs ist.

Ein außerhalb ruhender Beobachter M, der mit der Relativitätstheorie vertraut ist, erwartet beim Beobachten des bewegten Waggons ein ungleichzeitiges Schließen der Schalter, da doch der rechte Schalter dem B-Signal augenscheinlich entgegen läuft und es eher erreichen sollte. Nach seiner Überzeugung sollte die Lampe in der Mitte des Waggons nicht leuchten.

Nach der gängigen Lehrmeinung müsste der mitbewegte Beobachter im Waggon eine leuchtende Lampe sehen (d.h. der Waggon ist hell erleuchtet,) während der Beobachter auf dem Bahnsteig kein Licht sehen sollte: Ein unbeleuchteter Waggon fährt an ihm vorüber ...
Handelt es sich hier um eine Art Entscheidungsexperiment, das den Streit um Gleichzeitigkeit bzw. Ungleichzeitigkeit ein für alle mal entscheiden könnte? Man streitet zwar seit mehr als hundert Jahren rein theoretisch über das Verhalten von Lichtpunkten und ihrem gleichzeitigen oder ungleichzeitigen Eintreffen, es wäre aber absurd ernsthaft darüber zu streiten, ob die Lampe nun leuchtet oder nicht: Sie leuchtet unter den gegebenen Umständen in jedem Fall – selbst wenn irgend ein Beobachter das nicht wahrhaben will!

Eine Forcierung des Experiments bestünde in einer Ersetzung der Lampe durch eine Sprengladung, die ihren Zündstrom nur bei gleichzeitigen Schaltvorgängen beider Schalter erhalten könnte. Der Beobachter M' im Waggon wird vorsorglich seine Position räumen und die Ereignisse von Apparaten registrieren lassen, während ihm der Relativist felsenfest versichert, er müsse sich keine Sorgen machen, da der rechte, dem B-Signal entgegenlaufende Schalter garantiert vor dem anderen schaltet und also keine Explosion zu erwarten ist.

Würden Sie, lieber Relativist, eher der These von der zu erwartenden Ungleichzeitigkeit vertrauen und bedenkenlos im Waggon (bzw. an der Bahnsteigkante) Platz nehmen oder vorsichtshalber lieber doch in Deckung gehen?
Denn zumindest aus der Sicht des mitbewegten Beobachtungsgerätes M' *wird* der Waggon explodieren, und **die Theoretiker stünden dann vor dem Problem, einen physisch greifbaren Trümmerhaufen und einen unversehrten Waggon als theoretisch gleichwertig bzw. austauschbar zu erklären**: Was man von den beiden Möglichkeiten tatsächlich wahrnimmt, ist doch nur eine Frage des Bezugssystems ...

In der physischen Welt existiert offensichtlich doch eine primär messbare Gleichzeitigkeit von Ereignissen, die *nicht* vom Beobachterstandpunkt abhängt, allerdings nicht für jeden Beobachter sogleich offen zu Tage liegen muss. Die Mühe der Analyse der zuweilen abweichenden Beobachtungen bleibt uns nicht erspart.
Wenn Gleichzeitigkeit von Ereignissen in einem System evident ist, so ist sie es auch in jedem relativ dazu bewegten anderen System: So verlangt es das Relativitätsprinzip. Bei abweichenden *Wahrnehmungen* (Wahrnehmung von Ungleichzeitigkeit statt experimentell gesicherter Gleichzeitigkeit) ist der Transformationsmechanismus gründlich aufzuklären, nicht die Grundlagen der Physik aufzugeben. Zu lösen ist lediglich ein *sekundäres* Transformationsproblem, wofür keine Revolution der Physik notwendig ist.