

Kritik der Relativitätstheorie für Anfänger

(Rev. 1.01, Okt 2009, J.Rasper)

Zusammenfassung

Die Relativitätstheorie zeigt uns nicht ein merkwürdiges Verhalten der Natur. Merkwürdig ist höchstens, warum sie eine derartige Akzeptanz finden konnte. Sie zeigt uns, daß wir im Alltag gebräuchliche Methoden nicht ungeprüft in Umgebungen verwenden dürfen, wo sie versagen müssen. Albert Einsteins Definition der Gleichzeitigkeit und seine Methode, diese zu bestimmen, passen nicht zusammen. Diese Darstellung wendet sich an Nicht-Fachleute und kommt ohne mathematische Notation aus.

Grundsätzliches

Um Physik betreiben zu können, benötigt man eine Reihe von Dingen, mindestens jedoch ein Maßsystem für Längen und Zeit. Im einfachsten Fall haben wir einen Maßstab und eine Uhr. Wir stellen uns zunächst auch vor, daß wir statt Länge, Breite, Höhe nur Länge haben. Solch ein System würde zum Beispiel reichen, um die Bewegung von Zügen auf einer Eisenbahnstrecke zu beschreiben. Zum Messen von Entfernungen können wir etwa unseren Maßstab entlang der Strecke abtragen. Zur Angabe einer Zeit schauen wir auf die nächstliegende Uhr. Einige Schwierigkeiten übersehen wir großzügig, z.B:

- wird unser Maßstab immer dasselbe Ergebnis liefern, wenn wir die Messung immer und immer wiederholen ?
- Geht unsere Uhr immer gleich schnell oder ändert sie ihren Gang, wenn wir sie bewegen ?

Diese Fragen wirken etwas spitzfindig, aber sie zeigen doch, daß wir bei der Wahl unserer Meßinstrumente immer hinterfragen müssen, wie weit darauf Verlaß ist. Irgendwann werden wir dabei an einen Punkt kommen, wo wir einsehen müssen, daß nur unsere Erfahrung zeigt, daß wir eine Entfernung immer wieder als gleich messen, egal wie oft wir das schon vorher taten. Aber eine Garantie, daß dies immer so sein wird, haben wir eben nicht. Deshalb werden wir mit stillen Annahmen sehr vorsichtig umgehen müssen. Je weniger Annahmen wir machen, desto verlässlicher wird unser System sein. Der Begriff Annahme wird in der Physik als Postulat bezeichnet. Dabei handelt es sich dann aber nicht um irgendeine willkürliche Annahme, sondern um eine gut begründete, die zumindest nicht im glatten Widerspruch zur Erfahrung steht. Ein solches Postulat ist zum Beispiel die Vorstellung, daß das Licht im Vakuum immer dieselbe Geschwindigkeit besitzt, unabhängig von der Lichtquelle oder vom messenden Beobachter oder der Richtung, in der es sich bewegt.

Nun können wir uns dies zu Nutzen machen, um größere Entfernungen zu messen. Wenn es zu mühsam wird, unsere Eisenbahnstrecke mit dem Maßstab zu begehen, könnten wir so vorgehen: Wir schicken einen Lichtstrahl zu einem entfernten Punkt, wo er reflektiert wird. Wir messen die Zeit für Hin- und Rückweg. Mit unserem Postulat im Rücken, können wir hoffen, damit ein vernünftiges System für die Messung größerer Entfernungen zu haben.

Gleichzeitigkeit

Der Kern der Relativitätstheorie ist die Definition bzw. Bestimmung von Gleichzeitigkeit. Ihre

Hauptaussage ist, daß zwei gegeneinander bewegte Beobachter die Gleichzeitigkeit von Ereignissen verschieden beurteilen.

Wir wollen uns deshalb auch nicht mit der einen Uhr an unserem Standort zufrieden geben. Wir wollen Ereignissen an anderen Orten auch eine Zeit zuordnen können. Dazu wäre es natürlich am besten, wenn an jedem Punkt, der für uns irgendwann interessant werden könnte, eine Uhr aufgestellt wäre. Diese Uhren sollen natürlich nicht irgendeine beliebige Zeit anzeigen, sondern möglichst die gleiche wie unsere eigene Uhr. Was wir unter „gleicher“ Zeit an verschiedenen Orten verstehen wollen, müssen wir erst definieren. Es braucht also ein Verfahren, welches entfernte Uhren in Beziehung zueinander setzt. Ein solches Verfahren ist erst einmal beliebig. Sein Sinn muß sich letztlich an der Praxistauglichkeit messen lassen.

Wir gehen nun wie folgt vor:
Die Uhren sollen synchronisiert werden (was wörtlich übersetzt so viel heißt wie gleichzeitig machen). Eine Möglichkeit wäre etwa, die andere Uhr an unseren Ort zu bringen und mit unserer Uhr abzugleichen. Danach wäre sie wieder an ihren Bestimmungsort zu bringen. Das wäre nicht nur mühsam, sondern wir müßten auch annehmen, daß die Bewegung beim Transport der Uhr ihre Bewegung nicht beeinflußt. Eine Annahme, die verzichtbar ist. Da wir Licht zur Verfügung haben, können wir die andere Uhr aber auch gleich an ihrem Ort belassen. Die Synchronisierung mit unserer Uhr können wir auch so erreichen:

Wir senden einen Lichtstrahl zur anderen Uhr. Dieser wird von dort reflektiert und zeigt bei seiner Rückkehr zu uns den Stand der anderen Uhr an, als er dort reflektiert wurde. Nach unserem Postulat (also konstante Lichtgeschwindigkeit) muß er für Hin- und Rückweg jeweils exakt gleich lang brauchen. Damit muß die entfernte Uhr so eingestellt werden, daß die Zeit, die wir von ihr bei diesem Verfahren angezeigt bekommen (also der Zeitpunkt der Reflektion) genau in der Mitte liegt zwischen der Absendezeit und der Empfangszeit, die unsere eigene Uhr anzeigt.

Damit haben wir schon ein feines System mit Längen- und Zeitmessung. Grosse Frage jetzt: Was bedeutet es, wenn wir zwei Ereignisse als gleichzeitig bezeichnen ? Was wir benötigen, ist also eine Definition der Gleichzeitigkeit. Welche Möglichkeiten haben wir überhaupt ?

Wir haben ja vorsorglich an jedem Punkt, der uns irgendwann interessieren könnte, eine Uhr aufgestellt. Wenn an einem Punkt ein Ereignis eintritt, so steht an diesem Punkt gewiss eine Uhr, die uns die Zeit liefert, zu der das Ereignis an diesem Punkt eintrat. Wir müssen jetzt nur noch dafür sorgen, daß wir diese Information irgendwann bekommen. Wir werden dann zwei Ereignisse als gleichzeitig betrachten, wenn ihre Zeitstempel, die uns vorliegen, gleich sind. Dabei ist es völlig egal, wie und wann uns diese Information erreicht hat. Ab dem Moment, wo uns die Information über die Zeitstempel zweier Ereignisse erreicht hat, können wir entscheiden, ob diese gleichzeitig waren. Zum Beispiel könnte uns jeweils ein reitender Bote einen Zettel mit der Abfahrtszeit bestimmter Züge an verschiedenen Bahnhöfen überbringen. Da wir die Bahnhofsuhren ja zuvor einmal synchronisiert hatten, vergleichen wir einfach die uns mitgeteilten Zeiten und sehen dadurch, ob die Züge gleichzeitig abgefahren sind.

Es ist also ziemlich klar, wie wir Gleichzeitigkeit erkennen können. Eigentlich gibt es ja auch keine andere sinnvolle Möglichkeit. Genau dazu haben wir ja all die Uhren an den anderen Orten aufgestellt, daß sie uns die Zeitstempel zu den dort stattfindenden Ereignissen liefern. Dies ist auch genau das Verfahren, das wir täglich anwenden:

Ob wir von Ereignissen aus dem Fernsehen, der Zeitung oder ganz anders erfahren: Wir vergleichen die uns mitgeteilten vor Ort festgestellten Zeitpunkte der Ereignisse und halten letztere für gleichzeitig,

wenn deren Zeitstempel gleich sind. Wir tun dies, weil die Art der Übermittlung zu langsam ist, als daß wir die Ereignisse selbst vergleichen könnten.

Was für uns jetzt klar scheint, ist es für A.Einstein aber nicht. Zur Beurteilung der Gleichzeitigkeit von Ereignissen, vergleicht er nicht deren Zeitstempel. Um zu verstehen, wie er die Gleichzeitigkeit beurteilt, nehmen wir an, daß die beiden zu vergleichenden Ereignisse gleich weit von uns entfernt stattgefunden haben, eines links von uns, das andere rechts von uns. Wir denken wieder an unser Postulat und kommen auf die Idee, daß wir die beiden Ereignisse genau gleichzeitig sehen müßten, wenn sie denn gleichzeitig wären. In diesem Falle würden wir auch gleiche Zeitstempel sehen. Die Gleichheit der Zeitstempel ist jetzt aber eher Folge oder Zufall und nicht die Grundlage unserer Entscheidung über die Gleichzeitigkeit. Wir müßten uns also schon hier fragen, mit welchem Recht wir eine andere Methode zur Beurteilung der Gleichzeitigkeit wählen als diejenige, die wir weiter oben ja schon verwendet haben (also Vergleich der Zeitstempel). Wenn die beiden Methoden immer zum gleichen Ergebnis kämen, wäre das allerdings nicht so schlimm.

In dem Falle, wo wir in der Mitte zwischen zwei Ereignissen ruhen, scheint das ja auch der Fall zu sein. Nun geht es ja aber auch um den Fall, wo die Ereignisse sich relativ zu uns bewegen (oder wir uns gegen die Ereignisse). Nehmen wir also an, daß wir in einem fahrenden Zug sitzen, der sich genau in der Mitte zwischen zwei Bahnhöfen befindet, als dort gleichzeitig (nach Beurteilung eines auf dem Bahndamm ruhenden Beobachters) zwei Züge abfahren. Da wir uns auf den einen Bahnhof zubewegen, hat das Licht, das uns von der dortigen Uhr erreicht einen etwas kürzeren Weg als das Licht vom anderen Bahnhof. Es wird uns also etwas früher erreichen als das Licht vom anderen Bahnhof. Da wir allerdings wissen, daß wir zum Zeitpunkt der Abfahrt der anderen Züge genau in der Mitte zwischen den Bahnhöfen waren, schließen wir daraus, daß der Zug in dem Bahnhof, auf den wir uns zubewegen, früher abgefahren sein muß. Wir kümmern uns nicht um die Zeitstempel, denn sonst müßten wir stutzig werden, da diese nach wie vor gleich sind. Schließlich hat sich ja gegenüber dem Ablauf, wo wir noch unsere alte Methode (also Vergleich der Zeitstempel) verwendeten, nichts geändert.

Sie sagen nun „Ziemlich verrückt, warum schauen wir denn nicht auf die Zeitstempel ? Dann müßten wir doch feststellen, daß wir die Abfahrtszeiten nicht mit unserer neuen Methode vergleichen können, wenn wir im Zug sitzen ! “

Vollends klar müßte die Unsinnigkeit dieser Methode werden, wenn wir uns vorstellen, daß wir statt auf Licht auf reitende Boten warten. Diese sollten durchaus ähnliche Eigenschaften wie das Licht besitzen (insbesondere gleich schnell sein), aber eben sehr viel langsamer. Wir warten also nicht geduldig in der Mitte zwischen den Bahnhöfen bis beide Boten eintreffen, sondern gehen dem einen entgegen während wir vor dem anderen weglaufen. Niemand käme jetzt wohl auf die Idee, daß das von dem einen Boten berichtete Ereignis früher stattgefunden hätte, nur weil er früher bei uns eintraf.

Warum verwendet Einstein dann diese Methode ?

An dieser Stelle muß ich Ihnen die Antwort schuldig bleiben. Ich bin ja kein Anhänger der neuen Methode, sondern habe nur geschildert, wie sie funktioniert. Verwendet hat sie allerdings A.Einstein in der Begründung seiner speziellen Relativitätstheorie. Eine plausible Erklärung, warum er das tat, hat er freilich nie gegeben.

Diese Methode wenden wir im Alltag ebenfalls an. Bei alltäglichen Messungen haben wir meist keine Zeitstempel der beobachteten Ereignisse vorliegen, so daß wir aus Bequemlichkeit diese Methode verwenden. Meistens ist das Licht für die Problemstellung schnell genug, so daß wir uns nicht um

kleinere Ungenauigkeiten kümmern müssen.

Wenn diese Methode nun im Widerspruch zu unserer ersten Methode steht, die sich ja ziemlich zwingend aus dem Sinn unserer Uhren ergibt (in Einsteins Sprache also eine „Denknotwendigkeit“ ist), so begründet das natürlich keine neue Theorie. Es erklärt allenfalls, warum wir merkwürdige Beobachtungen machen und warum die neue Methode (die eine „Denkgewohnheit“ ist) damit unbrauchbar ist, wenn es um Geschwindigkeiten geht, wo wir die Endlichkeit der Lichtgeschwindigkeit nicht mehr vernachlässigen dürfen.

Fazit

Einstein hat mit der Speziellen Relativitätstheorie keine geniale neue Theorie entwickelt, sondern uns nur gezeigt, daß wir eine im Alltag verwendete Methode bei hohen Geschwindigkeiten nicht mehr verwenden dürfen. Der Schluß daraus heißt keineswegs, daß sich die Natur merkwürdig verhält, sondern uns merkwürdige Beobachtungen stutzig machen müssen und wir unser Tun daher überprüfen müssen.

Referenzen:

[1] A.Einstein: Ueber die spezielle und allgemeine Relativitätstheorie
Akademie Verlag Berlin, Vieweg + Sohn, Reihe WTB Band 59
21. Auflage des Verlages Friedr.Vieweg + Sohn Braunschweig