

173 Relativitätstheorie und Bezugssystemwechsel

ZUSAMMENFASSUNG

Die Schwierigkeiten beim Erlernen der Speziellen Relativitätstheorie kommen nicht vor allem von der Verschmelzung von Raum und Zeit, sondern von dem oft unnötigen Wechsel des Bezugssystems.

Gegenstand

Die Spezielle Relativitätstheorie gilt als schwierig. Sie mutet uns zu, Raum und Zeit nicht, wie es unsere Erfahrung nahelegt, als zwei voneinander unabhängige Entitäten zu betrachten, sondern als eine Einheit. Bei Bezugssystemwechsel ändern sich sowohl zeitliche als auch räumliche Abstände.

Mängel

Es besteht kein Zweifel darüber, dass die Spezielle Relativitätstheorie (SRT) schwierig ist. An der Mathematik liegt das gewiss nicht, denn mehr als Wurzelziehen wird vom Lernenden nicht verlangt; es reicht die Mathematik der Mittelstufe. Dass die SRT schwierig ist, muss einen anderen Grund haben, und der scheint auf der Hand zu liegen: die Verschmelzung von Raum und Zeit.

Meine Erfahrung aus vielen Diskussionen sowohl mit Anfängern auf dem Gebiet, als auch mit Kollegen, die das Thema schon öfter in der Vorlesung oder im Unterricht behandelt haben, lässt mich etwas anderes vermuten.

Ich möchte einen kleinen Umweg machen. Man stelle sich vor, es ist der letzte Samstag im Oktober, 6 Uhr abends. In der kommenden Nacht geht die Sommerzeit zu Ende. Jemand sagt: „Morgen um diese Zeit ist es schon dunkel.“ Jemand anders sagt: „Morgen um diese Zeit ist es erst 5 Uhr.“ Wer von beiden hat Recht?

Kaum jemand kann die Richtigkeit der beiden Aussagen beurteilen, ohne eine Weile nachzudenken. Worin besteht das Problem? Nichts von dem was Physik und Mathematik an Schwierigkeiten bereit hält kann man dafür verantwortlich machen: keine Vektoranalysis, keine Differentialgleichungen, keine Raumkrümmung, keine Unschärfebeziehung. Die Ursache, dass wir stolpern ist nichts weiter als der Wechsel des zeitlichen Bezugssystems. In der SRT hat man es mit Schwierigkeiten derselben Art zu tun, allerdings in gesteigertem Umfang.

Um ein Problem, insbesondere in der Mechanik und der Elektrodynamik, mathematisch zu behandeln, muss man ein Bezugssystem wählen. Die Gefahr, dass man den Überblick verliert, entsteht immer dann, wenn man das Bezugssystem im Verlauf der mathematischen Behandlung wechselt.

Das berühmte Zwillingsparadoxon ist ein Beispiel dafür. Im Prinzip ist es leicht erklärt. Und doch wurden zu seiner Analyse unzählige Artikel geschrieben, Vorträge gehalten, etc. In einem im Übrigen sehr schön und klar geschriebenen Buch zur Relativitätstheorie [1], dessen Autoren sich ausdrücklich vorgenommen hatten, eine Darstellung zu liefern, die mit Mittelstufenmathematik auskommt und trotzdem umfassend und streng ist, nimmt das Zwillingsparadoxon 11 Seiten ein.

Die Schwierigkeiten entstehen dadurch, dass man sich darauf versteift, das Problem, das man in einem vernünftig gewählten Bezugssystem, nämlich dem des nichtreisenden Zwillings, schon gelöst hat, und dessen Lösung einfach war, in das Bezugssystem des zweiten Zwillings zu übertragen, was eine ausgesprochen ungeschickte Wahl darstellt, da dieses Bezugssystem nicht frei schwebend ist, sondern einem zeitlich veränderlichen Gravitationsfeld entspricht.

Auch in der klassischen, nichtrelativistischen Physik käme wohl kaum jemand, von Ptolemäus einmal abgesehen, auf die Idee, ein solches Bezugssystem zu wählen.

Herkunft

Die Relativitätstheorie ist entstanden aus der Forderung nach Bezugssystemunabhängigkeit der physikalischen Gesetze und insbesondere der Lichtgeschwindigkeit. Sie hat aber Ergebnisse geliefert, die weit über die Aussagen, was bei Bezugssystemwechsel passiert, hinaus gehen, die also nichts mit Bezugssystemwechseln zu tun haben.

Dass auch heute noch die Konstanz (eigentlich besser Invarianz) der Lichtgeschwindigkeit an den Anfang oder in den Mittelpunkt gestellt wird, ist wieder einmal ein typischer Effekt der Erstarrung der Lehre.

Unglücklicherweise enthält ja auch der Name der Theorie implizit den Bezugssystemwechsel. Dass dieser Name unglücklich gewählt ist, wurde schon sehr früh bemerkt.

Entsorgung

Die wichtigsten Gleichungen der (speziell-)relativistischen Dynamik lassen sich in wenigen Zeilen herleiten aus der Forderung der Identität von Masse und Energie. Bezugssystemwechsel kommen dabei nicht vor.

Bei der Gelegenheit sei an eine Regel erinnert, die jeder Physiker ohnehin beherrscht, wenn er ein Problem mathematisch beschreibt:

- wähle am Anfang dasjenige Bezugssystem, in dem die Beschreibung am einfachsten ist;
- wechsele das BS nicht im Verlauf des zu beschreibenden Prozesses.

Es mag auch hilfreich sein, das entsprechende Kapitel nicht mit „Relativitätstheorie“ zu überschreiben, sondern, etwa wie Wheeler „Physik der Raumzeit“ [2].

[1] G. Beyvers und E. Krusch: *Kleines 1x1 der Relativitätstheorie*. Books on Demand GmbH, Norderstedt, 2007, S. 67-77.

[2] E. F. Taylor und J. A. Wheeler: *Physik der Raumzeit*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 1994.