

## Zum Begriffssystem der Relativitätstheorie

Die Relativitätstheorie stellt diejenigen physikalischen Messergebnisse und Sachverhalte dar, die von einem bewegten Bezugssystem aus beurteilt werden.

Es ist die Alltagserfahrung, dass solche Angaben wie "links" und "rechts", "vorwärts" und "rückwärts", "groß" und "klein" oder "Tag" und "Nacht" nur sinnvoll sind, wenn man ein geeignetes Koordinaten- und Bezugssystem dazu angibt. Diese Angaben sind vom Standpunkt ( $v=0$ ) des Beobachters abhängig. In den Maßstäben des Weltalls sind auch die Begriffe "oben" und "unten" relativ, d.h. von der Wahl des Bezugs- oder Koordinatensystems abhängig. Damit ist es völlig einleuchtend, dass für eindeutige Ortsangaben ein derartiges System erforderlich ist wie z.B. das Gradnetz auf einem Globus. Es ist aber auch ohne weiteres ersichtlich, dass man genauso gut beliebige andere Bezugssysteme wählen kann, um die Lage eines Ortes (Raumpunktes) anzugeben. An Stelle von rechtwinkligen Koordinatensystemen kann man auch beliebig schiefwinklige Systeme verwenden oder auch Systeme mit Polarkoordinaten benutzen.

Die Darstellung physikalischer Vorgänge und Gesetzmäßigkeiten von einem *bewegten* System aus ist nicht so trivial und bereitet anfänglich durchaus einige Schwierigkeiten. Es ist zu erwarten, dass die Beurteilung physikalischer Tatbestände von der Geschwindigkeit  $v \neq 0$  (und von der Beschleunigung) abhängt, die zwischen zwei Systemen besteht, in denen sich experimentierende Physiker befinden, die dieselben Versuche durchführen und nun gegenseitig die Ergebnisse und Gesetzmäßigkeiten fixieren und austauschen. Hierbei ist zunächst festzustellen, dass die physikalischen Gesetzmäßigkeiten in den Systemen selbst unabhängig voneinander dieselbe Form haben.

Von vornherein ist zu bemerken, dass man die Informationen aus einem anderen (bewegten) System durch das Licht erfährt, das für die Beobachtungen und Messungen unerlässlich ist. Dabei wird die Relativgeschwindigkeit  $v$  zwischen zwei bewegten Systemen in bezug auf die Lichtgeschwindigkeit  $c$  eine wesentliche Rolle spielen, insbesondere wenn  $v$  in die Nähe von  $c$  kommt.

Zur Verschiedenartigkeit in der Beurteilung von Bewegungsgesetzmäßigkeiten sei ein Beispiel genannt.

- *Ein Tischtennispiel läuft in derselben Weise in einem mit gleichbleibender Geschwindigkeit fahrendem Eisenbahnwagen ab wie auf einem Platz an der Bahnstrecke. Wirft der Spieler im fahrenden Zug den Ball senkrecht nach unten, so stellt der Beobachter am Bahndamm allerdings keine senkrechte Bewegung, d.h. keine Gerade der Flugbahn, sondern eine Parabel fest. Die Frage, wer nun recht hat und wie die Bahn denn "wirklich" sei, ist sinnlos. Jeder hat von seinem Standpunkt (besser: Bewegungszustand) aus recht.*

Damit ist ersichtlich, welche Rolle bewegte Bezugssysteme bei der Darstellung physikalischer Sachverhalte spielen. Das bedeutet aber, dass man entsprechende Transformationen finden muss, um die Gesetzmäßigkeiten zwischen den einzelnen Bezugssystemen umzurechnen. Da es kein *absolut ruhendes* Bezugssystem gibt - es gibt nur *relativ* zueinander in Ruhe befindliche Systeme -, ist jede Art der Bewegung ebenfalls nur relativ, d.h. nur in bezug auf irgendein Koordinatensystem darstellbar. Das bedeutet auch, dass alle gleichförmig zueinander bewegten Bezugssysteme gleichberechtigt und gleichwertig sind (spezielle Relativitätstheorie).

Für die Relativbewegung von beschleunigtem Bezugssystem formulierte Albert Einstein die allgemeine Relativitätstheorie.

Die spezielle Relativitätstheorie nahm ihren Ausgang von dem Ergebnis des Michelson - Versuches. EINSTEIN schloss daran eine tiefgründige Analyse des Raum- und Zeitbegriffes,

wobei er zeigte, dass *Denkgewohnheiten* keine *Denknotwendigkeiten* zu sein brauchen. Diese Tatsache ist eine wichtige Voraussetzung zur Schaffung eines Begriffssystems. Die Analyse des Michelson - Versuches führte EINSTEIN zur Formulierung zweier Prinzipien:

1. *der durchgängigen Gültigkeit des (speziellen) Relativitätsprinzips;*
2. *des Prinzips von der konstanten Lichtgeschwindigkeit: Die Vakuum - Lichtgeschwindigkeit wird stets unabhängig von einer gleichförmigen Relativbewegung zum selben Wert gemessen.*

Das auf diesen Prinzipien, die auf experimenteller Erfahrung beruhen, aufgebautes Begriffssystem und die Gesamtheit aller daraus resultierenden Schlussfolgerungen stellen den Inhalt der speziellen Relativitätstheorie dar.

Neben die eingangs erwähnte Relativierung von Orts- und Lageangaben tritt bei Bewegungsproblemen die Relativierung von Längen- und Zeitmessungen. Die Relativierung von Raum und Zeit führt konsequent auch zur Relativierung der "Gleichzeitigkeit": Es ist für zwei zueinander bewegte Beobachter prinzipiell nicht möglich, zwei Ereignisse als ("absolut") gleichzeitig festzustellen.

Das wesentlichste Ergebnis der speziellen Relativitätstheorie ist die Äquivalenzbeziehung  $E = mc^2$ . Die Vakuum - Lichtgeschwindigkeit  $c$  ist die höchste in der Natur vorkommende Geschwindigkeit, mit der eine Signalübertragung oder ein Energietransport möglich ist.