

Die spezielle Relativitätstheorie: Einsteins zwei Postulate

1. Das Relativitätsprinzip

Das Relativitätsprinzip wurde bereits von Galileo Galilei (1564–1642) für mechanische Vorgänge beschrieben. Er hatte erkannt, dass die gleichförmige und geradlinige Bewegung eines Körpers nicht absolut, sondern nur relativ zu einem anderen Körper festgestellt werden kann. Einstein erweiterte dieses Relativitätsprinzip von der Mechanik auf alle Gebiete der Physik. Dabei ersetzte er die Galilei-Transformation, die in der klassischen Mechanik gültig ist, gegen die Lorentz-Transformation, die in der gesamten Physik angewendet werden kann. Beide Transformationen sind Regeln für die Umrechnung der Koordinaten zweier geradlinig gleichförmig gegeneinander bewegter Bezugssysteme ineinander. Während die Galilei-Transformation auf der Annahme eines absoluten Raumes und einer absoluten Zeit beruht, verzichtet die Lorentz-Transformation auf diese Annahme.

Alle Inertialsysteme sind zur Beschreibung von Naturvorgängen gleichberechtigt. Die Naturgesetze haben in allen Inertialsystemen die gleiche Form („Demokratie der Inertialsysteme“).

2. Die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit

Um die aus dem Experiment von Michelson und Morley entstandenen Probleme zu lösen, postulierte Einstein, dass sich Licht in allen Inertialsystemen mit der gleichen Geschwindigkeit ausbreitet, unabhängig vom Bewegungszustand der Lichtquelle und des Beobachters. Die Geschwindigkeit beträgt knapp 300.000 km/s.

In allen Inertialsystemen breitet sich das Licht im Vakuum allseitig mit einer Geschwindigkeit von $c = 299.792,458 \text{ km/s}$ aus.

Aufgaben:

- Ein Zug fährt mit 300 km/h geradeaus. Aus dem Zug wird ein Geschoss mit 400 m/s abgefeuert. Welche Geschwindigkeit misst ein außerhalb des Zuges stehender Beobachter für das Geschoss?
 - Abschuss in Fahrtrichtung
 - Abschuss entgegen der Fahrtrichtung
 - Abschuss senkrecht zur Fahrtrichtung
- Ein Zug fährt aus dem Bahnhof. Beschreiben Sie diesen Vorgang aus der Sicht des Bahnhofsvorstehers und aus der Sicht des Zugführers unter Berücksichtigung des Relativitätsprinzips. Gibt es einen Grund, eine der Beschreibungen vorzuziehen (während des Anfahrens bzw. nachdem eine konstante Geschwindigkeit erreicht wurde)?
- Zug 1 fährt mit einer Geschwindigkeit von 300 km/h. Zug 2 fährt mit einer Geschwindigkeit von 180.000 km/s (hypothetisch). Mit welcher Geschwindigkeit sehen die Zugführer jeweils einen Lichtstrahl, der sich auf sie zubewegt, näher kommen?