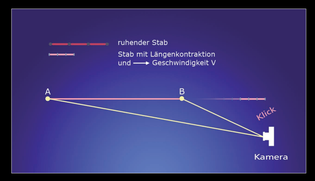
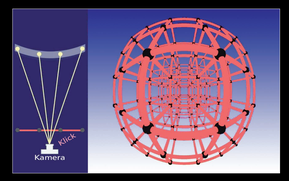
DFG Sonderforschungsbereich/Transregio: „Gravitationswellen-Astronomie", Garching | Hannover | Jena | Potsdam | Tübingen

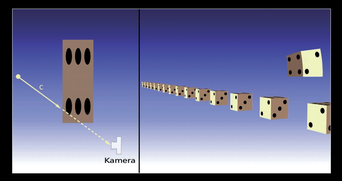
Schnelle Uhren – langsame Zeit

Die Lichtgeschwindigkeit im Vacuum ist absolut konstant: Welche Konsequenzen hat dies?

Licht ist immer gleich schnell – egal, ob wir einem Lichtstrahl hinterherlaufen oder ihm entgegenfliegen. Was den Meisten absurd erscheint, hat Einstein zur Grundlage der Speziellen Relativitätstheorie gemacht. Man muss nicht gleich die ganze Theorie verstehen: Schon mit einfachen Gedankenexperimenten und elementarer Arithmetik – der Satz des Pythagoras reicht völlig – kann man verstehen, dass bewegte Uhren langsamer gehen und bewegte Maßstäbe verkürzt sein müssen.







Links: Obwohl die Länge eine Stabs bei schneller Bewegung in Bewegungsrichtung verkürzt ist, scheint er auf dem Bild länger zu sein. Der Grund liegt in der Art und Weise, wie ein Bild durch verschiedene Lichtstrahlen entsteht, in Verbindung mit der begrenzten Geschwindigkeit dieser Lichtstrahlen.

Mitte: Gerade Balken sehen auf einem Bild krumm aus, wenn sich das Gitter schnell auf die Kamera zubewegt.

Rechts: Sogar die Rückseite eines Würfels, der an der Kamera vorbeifliegt, wird sichtbar. Dazu muss der Würfel nicht gezinkt sein – die Erklärung liefert wiederum die begrenzte Lichtgeschwindigkeit.

Lichtlaufzeit biegt Balken

Bei alltäglichen Geschwindigkeiten nicht wahrnehmbar, bei Bewegungen mit nahezu Lichtgeschwindigkeit nicht zu übersehen: Der Weg scheint sich in die Länge zu ziehen, Balken sich zu biegen, die Rückseite von Objekten wird sichtbar. All dies kann man verstehen, wenn man überlegt, wie ein Bild mit Hilfe von Licht zustande kommt, und dabei die begrenzte Geschwindigkeit des Lichts in Betracht zieht.

Blitzschnell mit dem Rad – schräge Welt, krumme Balken!

Unglaubliche 1.080 Millionen Kilometer pro Stunde: Mit der Geschwindigkeit des Lichts können wir nicht mithalten. Die Computersimulation macht es möglich, die Lichtgeschwindigkeit auf 30 km/h herabzusetzen. So wird zumindest eine virtuelle Fahrradfahrt durch die Altstadt von Tübingen mit beinahe Lichtgeschwindigkeit möglich. Mit zunehmender Geschwindigkeit verändert sich das gewohnte Bild mehr und mehr. Überraschend dabei: Die relativistische Längenkontraktion ist nicht zu erkennen, stattdessen machen die Häuser dem schiefen Turm von Pisa Konkurrenz!

Egal, was man anstellt: Ein Lichtstrahl kann sich nie schneller ausbreiten als mit ca. 1.080 Millionen Kilometer pro Stunde – aber auch nicht langsamer. Objekte, die eine Masse aufweisen, müssen sogar immer unter dieser Geschwindigkeit bleiben, egal, wie stark man sie zu beschleunigen versucht.

Oben: Zusätzlich zur Verzerrung ist das Bild in Vorwärtsrichtung heller als in seitlicher Richtung (Taschenlampen-Effekt), die Farben sind durch den Doppler-Effekt verfremdet.

Links: So sieht die Tübinger Altstadt aus, wenn man mit 95 % der Lichtgeschwindigkeit hindurchradelt. Hier ist nur die geometrische Verzerrung gezeigt.

Der Unterschied zwischen „Sehen" und „Messen"

Spricht man von einer „Beobachtung", muss man genau unterscheiden, ob damit eine Messung oder ein bildhafter Eindruck gemeint ist. Ein Bild entsteht durch Lichtstrahlen – ihre Laufzeit hat einen großen Einfluss auf das, was zu sehen ist.

Bei einer Messung hingegen bestimmt man etwa die Länge eines Objekts durch Anlegen eines Maßstabs, oder die Dauer eines Vorgangs durch Vergleich mit einer Uhr. Solche Vergleiche müssen immer am gleichen Ort stattfinden, weil andernfalls die begrenzte Geschwindigkeit jeder Übertragung von Information die Messung verfälscht.

Wo ist die Längenkontraktion geblieben?

Beim relativistischen Fahrrad wird simuliert, was man sehen würde, wäre eine solche Fahrt technisch möglich. Die relativistische Längenkontraktion ist dabei nicht unmittelbar zu erkennen; sie wird durch den Einfluss der Lichtlaufzeit völlig verdeckt. Mit Hilfe der Simulation kann man aber Messungen durchführen, die sie wieder enthüllen.

Licht hält den Geschwindigkeitsrekord

Die Lichtgeschwindigkeit ist mehr als ...

- *3 Millionen-mal so hoch wie die höchste Reisegeschwindigkeit eines ICE*
- *1 Million-mal so hoch wie die Geschwindigkeit von Passagierflugzeugen*
- *25 000-mal so hoch wie die höchste Geschwindigkeit, die die Apollo-Missionen auf dem Rückweg vom Mond zur Erde erreicht haben*

Design: www.gd90.de