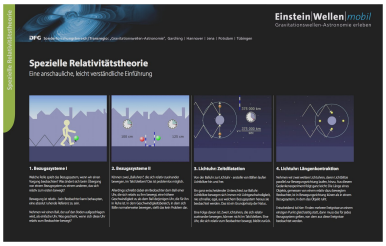
Ausstellungskapitel: Spezielle Relativitätstheorie

Einführung

Bei der Speziellen Relativitätstheorie geht es „nur“ um die Auswirkungen hoher Geschwindigkeiten, oder genauer, um die Rolle, die das Bezugssystem bei Messungen spielt, und um den Einfluss gleichförmiger Bewegung verschiedener Bezugssysteme zueinander. Von Gravitation ist hier noch gar nicht die Rede. Dennoch hält schon die Spezielle Relativitätstheorie etliche überraschende Effekte bereit, die unser gewohntes Bild von der Welt gründlich ins Wanken bringen können: Längenkontraktion, Zeitdilatation, Relativität der Gleichzeitigkeit, und einiges mehr.

Poster: „Schnelle Uhren — langsame Zeit“
Die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum ist absolut konstant: Welche Konsequenzen hat dies?



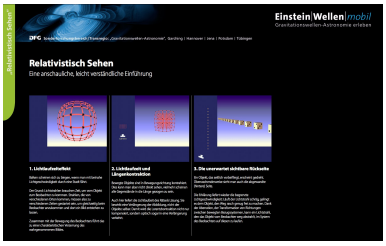
Filmstation: Spezielle Relativitätstheorie
Längen und Zeiten sind relativ — und das Alles nur, weil die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichts im Vakuum unabhängig ist vom Bewegungszustand der Lichtquelle und dem des Beobachters? Wie das zusammenhängt, erfahren Sie hier in vier anschaulichen Filmen, die Sie individuell anschauen können.

Einsteinfahrrad

Unter Alltagsbedingungen sind die Effekte der Relativitätstheorie so winzig, dass wir sie nicht wahrnehmen können. Wie würde die Welt aussehen, wenn wir uns mit beinahe Lichtgeschwindigkeit bewegen könnten? Um dies wenigstens virtuell zu ermöglichen, wurde in dieser interaktiven Simulation einer Fahrradfahrt durch die Tübingen Altstadt die Lichtgeschwindigkeit auf 30km/h festgesetzt. Lassen Sie sich überraschen! Ein wenig anstrengen müssen Sie sich trotzdem, wenn Sie auf dem Hometrainer 99% der Lichtgeschwindigkeit erreichen wollen...

Interaktive Simulation: Relativistische Fahrradfahrt
Das Einsteinfahrrad ist eines der beliebtesten Exponate. Es wird gerade auch von jüngeren Besuchern begeistert angenommen. Dabei werden nicht immer alle angebotenen Lerninhalte auch aufgenommen. In jedem Fall verstehen die Besucher, dass die Welt in bestimmten Bereichen und Bedingungen, die vom Üblichen abweichen, ganz anders aussehen kann als gewohnt. Ihre Neugier wird geweckt, es entsteht der Wunsch, Unbekanntes, Ungewohntes zu entdecken und weiter zu erforschen.

Die Lichtgeschwindigkeit liegt bei über einer Milliarde Kilometer pro Stunde. Kein Mensch hat sich je auch nur annähernd so schnell bewegt. Wir können uns daher nicht vorstellen, wie es aussähe, wenn wir jemals mit diesem Tempo unterwegs wären. In dieser Simulation ist die Lichtgeschwindigkeit auf 30 Kilometer pro Stunde herabgesetzt. So ist eine annähernd lichtschnelle Fahrradfahrt möglich. Durch den Vergleich mit einer Alltagssituation — der Fahrt durch eine Stadtkulisse — sind die Veränderungen sehr viel leichter zu erkennen, als dies etwa bei der Simulation eines Weltraumflugs mit knapp Lichtgeschwindigkeit möglich wäre.



Filmstation: Relativistisch Sehen
Was hat die begrenzte Lichtgeschwindigkeit mit unserem Bild von der Welt zu tun? Wie beeinflusst die Lichtlaufzeit das Bild, das wir sehen, wenn wir uns mit nahezu Lichtgeschwindigkeit durch die Welt bewegen? Kann man die relativistische Längenkontraktion sehen? Weshalb erscheinen gerade Balken plötzlich krumm und Würfel derart verdreht, dass man sogar ihre Rückseite sehen kann?

In drei kurzen Filmen, die Sie individuell anschauen können, finden Sie anschauliche Antworten auf solche Fragen.

Alle Bilder, soweit nicht anders angegeben: © GD90/Universität Tübingen

Einstein|Wellen|*mobil*
Gravitationswellen-Astronomie erleben

X11

Relativistische Fahrradfahrt

Längenkontraktion

Die relativistische Längenkontraktion verkürzt Objekte in Bewegungsrichtung. Können Sie das in der Simulation beobachten?

Krumme Wände

Beobachten Sie, wie sich die Gestalt der Häuser bei hoher Geschwindigkeit zu verändern scheint.

Was es damit auf sich hat, erfahren Sie in den Filmen der Station „Relativistisches Sehen“.

1

Einstein|Wellen|*mobil*
Gravitationswellen-Astronomie erleben

X11

Relativistische Fahrradfahrt

Das Ziel rückt in die Ferne

Wenn Sie beschleunigen, scheint sich die Szenerie vor Ihnen von Ihnen zu entfernen. Schauen Sie auf das Straßenpflaster möglichst nahe vor dem Fahrrad: Bewegen Sie sich vorwärts oder rückwärts?

Der Grund für den scheinbaren Widerspruch: Als Folge der zwar hohen, aber doch begrenzten Lichtgeschwindigkeit erscheinen Objekte in Bewegungsrichtung in die Länge gezogen, Entfernungen in Vorwärtsrichtung werden scheinbar größer.

Eine genaue Erklärung finden Sie in den Filmen der Station „Relativistisch Sehen“.

2

DFG Sonderforschungsbereich/Transregio: „Gravitationswellen-Astronomie“
Garching | Hannover | aJena | Potsdam | Tübingen

Einstein|Wellen|*mobil*
Gravitationswellen-Astronomie erleben

X11

Relativistische Fahrradfahrt

Weglänge und Geschwindigkeit

Befahren Sie den Parcours mit mindestens 90% der Lichtgeschwindigkeit, die in der Simulation auf 30 km/h gesetzt ist. Haben Sie den Eindruck, mit knapp 30 km/h unterwegs zu sein? Oder scheint die Geschwindigkeit höher zu sein?

Messen Sie die Fahrzeit für eine Runde bei verschiedenen Geschdindigkeiten. Beginnen Sie mit nicht mehr als 30%, und nehmen Sie weitere Messwerte etwa bei 50%, 70%, 80% und 90% auf. Bestimmen Sie jeweils die gefahrene Strecke aus Fahrzeit und Geschwindigkeit.

3

Einstein|Wellen|*mobil*
Gravitationswellen-Astronomie erleben

X11

Relativistische Fahrradfahrt

Relativistische Längenkontraktion

Tragen Sie die eben erhaltenen Werte der gefahrenen Strecke gegen die Geschwindigkeit graphisch auf. Fällt Ihnen etwas auf?

Tip: Versuchen Sie, die Fahrtgeschwindigkeit möglichst konstant zu halten.

Welche Fehlerquellen gibt es bei Ihren Messungen? Wie können Sie sie verringern?

Hintergrund: Die relativistische Längenkontraktion verkürzt die Weglänge bei 90% der Lichtgeschwindigkeit auf weniger als die Hälfte, bei 95% der Lichtgeschwindigkeit auf weniger als ein Drittel, bei 99% sogar auf nur noch ein Siebtel.

4

Einstein|Wellen|*mobil*
Gravitationswellen-Astronomie erleben

X11

Relativistische Fahrradfahrt

Tastenbelegung

R Umschalten Relativistische / Nichtrelativistische Simulation

1 Längenkontraktion ausschalten (einschalten: s. **2**)

2 Geometriemodus: Längenkontraktion einschalten, „Tunneleffekt“ und Dopplereffekt ausschalten

3 „Tunneleffekt“ einschalten (ausschalten: s. **2**)

4 Dopplereffekt einschalten (ausschalten: s. **2**)

5 „Tunneleffekt“ und Dopplereffekt einschalten (ausschalten: s. **2**)

Bei eingeschaltetem „Tunneleffekt“ können Sie eine virtuelle Sonnenbrille aufsetzen:

S Sonnenbrille eine Stufe dunkler (mehrfach möglich)

A Sonnenbrille eine Stufe heller (mehrfach möglich)

L Springt zu einer von mehreren vorgegebenen Positionen des Rundkurses

P Pause einschalten / ausschalten
Bei eingeschaltetem Pausemodus:

- **B** Bild bei höherer Geschwindigkeit (mehrfach möglich)
- **N** Bild bei niedrigerer Geschwindigkeit (mehrfach möglich)

Esc Simulation verlassen

5

DFG Sonderforschungsbereich/Transregio: „Gravitationswellen-Astronomie“
Garching | Hannover | aJena | Potsdam | Tübingen