



Gemeinsame Ausstellung von "Einstein inside" der Universität Tübingen und des Fachbereichs Physik der Universität Stuttgart

Ausgewählte Stationen beim Presserundgang

Seit 11. Februar diesen Jahres haben wir den ersten direkten Beweis für die Existenz von Gravitationswellen. An diesem Tag veröffentlichte die LIGO-Kooperation in den renommierten *Physical Review Letters* das erste gemessene Signal einer Gravitationswelle. Hier in der Ausstellung wird erklärt, was hinter dem Phänomen der Gravitationswellen steckt, warum es so schwer ist, sie zu detektieren und wie viele verschiedene Gebiete der Physik und Ingenieurskunst zusammen spielen müssen, um eine solch bahnbrechende Messung zum Erfolg zu führen.

Wie wirkt eine Gravitationswelle

Gravitationswellen wirken, indem sie den Raum deformieren. Sie strecken ihn in einer Richtung und stauchen ihn gleichzeitig in einer Richtung senkrecht dazu. Analog zur Wirkung einer Gravitationswelle können die Besucher in der Ausstellung eine Deformation des Raumes selbst erzeugen. Stellvertretend für die Raumzeit ziehen die Besucher ein dehnbares Tuch in eine Richtung und beobachten, wie es sich in der anderen Richtung zusammen zieht.

Michelson-Interferometer

Gravitationswellen erzeugen minimalste Veränderungen. Um sie detektieren zu können, vergleichen die Forscher die zwei Längen von Lichtwegen, die senkrecht zueinander verlaufen. Das Michelson-Interferometer überlagert das Laserlicht aus beiden Wegen. Der Wegunterschied wird in Form von hellen und dunklen Ringen sichtbar, das sogenannte Interferenzmuster. Die Besucher simulieren eine Gravitationswelle, indem sie den Aufbau leicht erschüttern. Selbst diese vergleichsweise starke Erschütterung erzeugt nur winzigste mikrometerlange Änderungen, ablesbar an der Veränderung des Interferenzmusters. Das Signal, das im LIGO-Gravitationswellendetektor gemessen wurde, erzeugt auf vier Kilometern die unvorstellbar kleine Längenänderung von etwa 10^{-18} Metern. Das entspricht einem Tausendstel des Durchmessers eines Wasserstoffkerns.

Gravitationswellenstuhl

Die Erde ist ein starrer Körper. Eine Gravitationswelle kann daher nicht die Erde, sondern nur den Raum darum herum deformieren. Wir Menschen sind nicht fest mit der Erde verbunden und würden unweigerlich der Deformation des Raums folgen. Aus unserer Sicht würde sich der Erdboden abwechselnd von uns weg und auf uns zu bewegen. Wenn dieser Effekt nicht so winzig wäre, würde man das als Stoß wahrnehmen. Auf dem Gravitationswellenstuhl spüren die Besucher diesen Effekt trilliardenfach verstärkt.

Kreiselkompass

Einstein betätigte sich nicht nur in der theoretischen Physik, sondern war auch begeisterter Tüftler. Als Patentanwalt erstellte er 1916 ein Privatgutachten für die Firma Anschütz & Co. in Kiel gegen den Konkurrenten Elmer Sperry. Gegenstand des Gutachtens war der Kreiselkompass von Hermann Anschütz-Kämpfe. Aus diesem Kontakt entwickelte sich eine lange Freundschaft und gemeinsame Weiterentwicklungen dieser Technik. In der Ausstellung sind zwei Kreiselkompass der beiden Konkurrenten aus dem Hause Sperry und Anschütz zu bestaunen - der Sperry-Kreiselkompass, ein Geschenk von britischen Wissenschaftlern an deutsche Kollegen hier an der damaligen Technischen Hochschule (heute Universität) Stuttgart im Jahr 1945 gleich nach Ende des Krieges, sowie der Kugelkompass aus dem Hause Anschütz & Co. Die Experimentierstationen des Schülerlabors Spiel der Kräfte der Universität Stuttgart machen die Kreiselphänomene für die Besucher erfahrbar und leicht verständlich.

Ferrofluid

Ferrofluid ist eine scheinbar magische Flüssigkeit, die magnetisierbar ist. Sie besteht aus nanometergroßen Eisenteilchen (0,00001 mm), die in Öl gelöst sind. Ohne Magnetfeld ordnen sich die Teilchen zufällig an und die Flüssigkeit ist gleichmäßig verteilt und glatt. Die Besucher können das Magnetfeld selbst verändern und die magischen Eigenschaften treten zu Tage. Die Eisenteilchen werden von der Metallspirale angezogen und schrauben sich nach oben. Übersteigt die Feldstärke einen kritischen Punkt, fangen die Teilchen an sich gegenseitig abzustößeln. Die Abstoßung zeigt sich an den Stacheln. Die Oberflächenspannung sorgt dafür, dass die Stacheln stabil bleiben. Im Alltag kommen Ferrofluide in Ventilen und hochwertigen Lautsprechern zum Einsatz. Das Ferrofluid zeigt einen faszinierenden Aspekt des Magnetismus, der nur mit der Speziellen Relativitätstheorie erklärt werden kann. In der Speziellen Relativitätstheorie wird deutlich, wie Magnetfelder von bewegten Ladungen hervorgerufen werden. Im Experiment ist das der Strom, der durch die Spule fließt.

Lichtgeschwindigkeit

Licht ist schnell, sehr schnell sogar. In einer Sekunde flitzt es sieben Mal um die Erde herum. Von einem Ende der Ausstellung zum anderen benötigt es weniger als den Bruchteil einer Millionstelsekunde. Aber können wir die Lichtgeschwindigkeit tatsächlich messen? Nein, eigentlich nicht. Die Physiker haben beschlossen, dass die Lichtgeschwindigkeit eine Naturkonstante ist. Sie wurde auf 299.792.458 Meter/Sekunde festgelegt. Auch die Zeit ist nicht mehr frei. Eine Sekunde entspricht 9.192.631.770 Schwingungen eines Cäsium-Atoms. Was misst man dann eigentlich, wenn man die Lichtgeschwindigkeit misst? Man misst eine Länge $x=v \cdot t$, da die Geschwindigkeit und die Zeit festgelegt sind. Aus dieser simplen Annahme folgen dann auch all die Verrücktheiten der speziellen Relativitätstheorie wie die Zeitdilatation und das Zwillingsparadoxon. Die Besucher messen im Experiment die Verzögerung, die das Licht auf dem Umweg durch eine Glasfaser erfährt.

Weitere Highlights

Die Besucher erwarten viele weitere Stationen zur aktuellen Forschung auf dem Gebiet der Allgemeinen und Speziellen Relativitätstheorie. Die verwirrenden relativistischen Effekte werden unter anderem durch Filme des Visualisierungsinstituts (VISUS, Universität Stuttgart) veranschaulicht.

- Vorträge und Lehrerfortbildungen um die Themen der Ausstellung ergänzen das Programm.
- Talkrunde am 6. Juni: "Genie, Grundlagenforschung und das gute Geld: Hätte Einstein heute eine Chance?" Dieser Frage geht Moderator Ingolf Baur zusammen mit Gravitationswellenforscher Karsten Danzmann, Quantenphysiker Tommaso Calarco, Wissenschaftshistoriker Klaus Hentschel und DFG-Vizepräsident Frank Allgöwer auf den Grund.

Detailliertes Programm zur Ausstellung und Informationen zur Anmeldung:
<http://einstein-inside.physik.uni-stuttgart.de>

Die Ausstellung Einstein inside der Universität Tübingen wird thematisch ergänzt durch Experimentierstationen aus dem Physiklabor Spiel der Kräfte an der Universität Stuttgart.

Die Gemeinschaftsausstellung wird unterstützt vom Regierungspräsidium Stuttgart – Referat Schutzrechte und Patente, dem Zentrum für Quantenwissenschaft und -technologie IQST (Stuttgart und Ulm) sowie dem Fachbereich Physik der Universität Stuttgart.

Ansprechpartner:

Einstein inside

Institut für Astronomie und Astrophysik
Universität Tübingen
PD Dr. Hans-Peter Nollert
Auf der Morgenstelle 10
72076 Tübingen

Tel 0 70 71 – 297 59 44
nollert@uni-tuebingen.de

SFB/TRR21 Schülerlabor Spiel der Kräfte

Universität Stuttgart
5. Physikalisches Institut
Karin Otter
Pfaffenwaldring 57
70569 Stuttgart

Tel. 07 11 – 685 64846
k.otter@physik.uni-stuttgart.de