

GEO600 im weltweiten Interferometer-Netzwerk

GEO600 ist Teil eines weltweiten Verbandes von Gravitationswellen-Observatorien. Dazu gehören die beiden US-amerikanischen LIGO-Detektoren und das italienisch-französisch-niederländische Virgo-Projekt bei Pisa. Darüber hinaus ist die GEO-Kollaboration an der Entwicklung von Gravitationswellen-Detektoren in Japan und Indien beteiligt.

Die Vernetzung der Detektoren hat einen doppelten Sinn: Wird eine Gravitationswelle gemessen, kann man erst bei der gemeinsamen Messung mit einem weit entfernten Detektor sicher sein, nicht lokalen Störungen aufgesessen zu sein.

Um darüber hinaus Informationen über die Position der Quelle sowie über Zeitstruktur und Schwingungsrichtung der Wellen zu erhalten, braucht man wenigstens vier Detektoren. Alle Projekte tauschen deshalb ihre Daten aus.

Das Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik (Albert-Einstein-Institut)

Am AEI wird der gesamte Bereich der Gravitationsphysik erforscht – von den riesigen Dimensionen des Kosmos bis hin zu den winzigen Abmessungen der Strings. Das AEI hat zwei Teilinstitute, je eines in Hannover und Potsdam. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des AEI in Potsdam arbeiten unter anderem an der Entwicklung einer Theorie, die Quantenfeldtheorie und Einsteins Allgemeine Relativitätstheorie vereint. Sie erforschen die Struktur von Gravitationswellen, die von Neutronensternen und schwarzen Löchern ausgesendet werden – durch analytische und numerische Lösungen der Einsteinschen Gleichungen werden die möglichen Wellenformen berechnet. Außerdem werden auf der Basis von Einsteins Theorie die mathematischen Grundlagen der Raumzeit und der Gravitation untersucht. Die Experimentalphysiker am Teilinstitut in Hannover betreiben den Gravitationswellen-Detektor GEO600; sie sind federführend am Weltraumprojekt LISA Pathfinder beteiligt und entwickeln neue Gravitationswellen-Detektoren für den Einsatz auf der Erde und im Weltraum. Außerdem werden hier moderne mathematische Datenanalysemethoden entwickelt und eingesetzt, die die Gravitationswellensignale aus den Datenströmen der Detektoren herausfiltern.

Die Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V.

ist eine unabhängige gemeinnützige Forschungsorganisation. Sie unterhält rund 80 Max-Planck-Institute, welche im Dienst der Allgemeinheit Grundlagenforschung in den Natur-, Bio- und Geisteswissenschaften betreiben.

Insbesondere greift die Max-Planck-Gesellschaft neue, zukunftsreiche Forschungsrichtungen auf, die an den Universitäten noch keinen oder keinen ausreichenden Platz finden, wegen ihres interdisziplinären Charakters nicht in das Organisationsgefüge der Universitäten passen oder einen Aufwand an Personal und Material erfordern, der von Universitäten nicht erbracht werden kann. Die Max-Planck-Institute ergänzen daher die Arbeit an den Universitäten auf wichtigen Forschungsbereichen auf ideale Weise.



MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT

Betreiber und Finanzierung

GEO600 wird gemeinsam vom Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik (Albert-Einstein-Institut), der Leibniz Universität Hannover und britischen Forschern von den Universitäten Cardiff und Glasgow betrieben. An der Finanzierung beteiligen sich das Bundesministerium für Bildung und Forschung, das Land Niedersachsen, die Max-Planck-Gesellschaft, das britische Science & Technology Facilities Council (STFC) und die VolkswagenStiftung.

Einstein@Home

Die globale Zentrale des verteilten Rechenprojekts Einstein@Home befindet sich in Hannover. Mit Einstein@Home können Freiwillige aus aller Welt ungenutzte Rechenzeit auf ihren Computern und Smartphones für die Suche nach Gravitationswellen zur Verfügung stellen. Sie erhalten im Gegenzug detaillierte Einblicke in die Spitzenforschung.

einsteinathome.org

GEO600 in Ruthe bei Hannover

- Von Hannover aus: B6 (Messeschnellweg) nach Süden, bei „Sarstedt/Heisede“ rechts ab.
- Rechts abbiegen nach Heisede, dann bei „Schulenburg/Ruthe“ links ab.
- In Ruthe rechts abbiegen. Nach dem Überqueren der Leine bei „Universität Hannover/Versuchsgelände“ bzw. „Schäferberg“ rechts ab.
- Die Apfelplantage entlang bis ganz zum Ende des Zaunes.
- Öffentlicher Nahverkehr: bis Sarstedt Stadtbahn Linie 1, dann Bus 201 bis Ruthe/Mitte; Str. „Schäferberg“ 15 min zu Fuß.

Besichtigung des Detektors

Vorangemeldete Gruppen können GEO600 besichtigen.

Kontakt: Dr. Benjamin Knispel
Referent für Presse- und Öffentlichkeitsarbeit
Albert-Einstein-Institut Hannover
Tel.: 0511-762-19104
benjamin.knispel@aei.mpg.de

Webseiten:

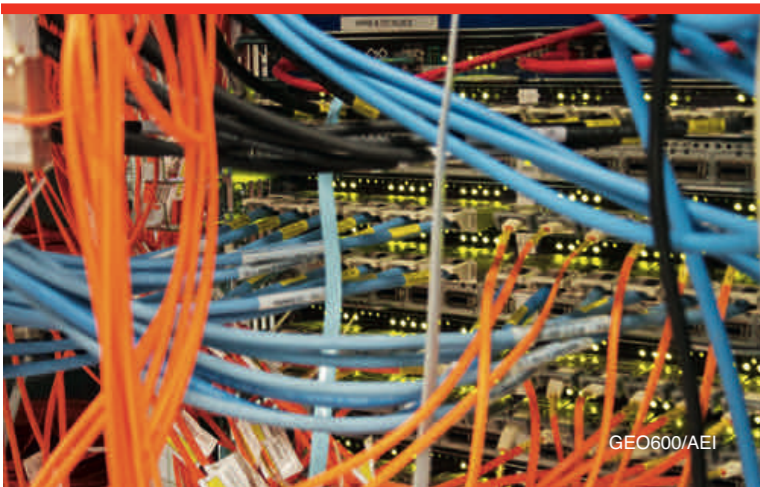
www.aei.mpg.de
www.ligo.org
www.cascina.virgo.infn.it
www.lisamission.org

www.geo600.org



Gravitationswellen-Detektor
GEO600

Einstein weiterdenken



GEO600/AEI



Simulating eXtreme Spacetimes project



AEI



GEO600/AEI

Gravitationswellen-Observatorium GEO600

Seit tausenden von Jahren blicken wir Menschen in den Sternenhimmel, seit hunderten von Jahren bauen wir immer leistungsfähigere Teleskope.

Doch mit den bisherigen astronomischen Methoden lässt sich nur ein Teil unseres Universums beobachten. Daher gibt es viele offene Fragen:

- Was passiert im Inneren explodierender Sterne?
- Wie sind die kompakten Überreste dieser Supernovae aufgebaut?
- Wie wachsen und verschmelzen schwarze Löcher?
- Was passierte unmittelbar nach dem Urknall?
- Und was steckt hinter der Dunklen Materie?

Gravitationswellen tragen Antworten auf diese Fragen mit sich. Sie sind Boten aus den verborgenen, den dunkelsten und am weitesten entfernten Bereichen des Universums.

Neue Astronomie

Am 14. September 2015 wurden erstmals Gravitationswellen direkt gemessen: Die LIGO-Detektoren in den USA fingen das Signal von zwei verschmelzenden schwarzen Löchern auf. Der deutsch-britische Gravitationswellen-Detektor GEO600 ist an dieser Jahrhundert-Entdeckung maßgeblich beteiligt, denn hier werden wesentliche Technologien zum Aufspüren von Gravitationswellen entwickelt und erprobt, die in den LIGO-Detektoren eingesetzt werden und die für die Messung im September 2015 entscheidend waren.

Die direkte Messung von Gravitationswellen hat ein neues Fenster ins Universum geöffnet. Das Zeitalter der Gravitationswellen-Astronomie hat begonnen.

Technologieschmiede GEO600

Im GEO-Projekt entwickelte Technologien werden inzwischen in allen Gravitationswellen-Observatorien weltweit eingesetzt. Zudem haben sie Eingang in die Erdbeobachtung, Klimaforschung und die Luftfahrtindustrie gefunden. GEO600 ist also nicht nur Teil des weltweiten Detektor-Netzwerkes, sondern auch eine zentrale Technologieschmiede.

Gravitationswellen – Dellen in der Raumzeit

Mit der Allgemeinen Relativitätstheorie entwarf Albert Einstein 1915 ein völlig neues Bild von unserer Welt. Die Schwerkraft (Gravitation) ist bei ihm keine Kraft mehr wie noch bei Isaac Newton, sondern eine Eigenschaft der Geometrie von Raum und Zeit.

Große Massen – z.B. Sterne und Galaxien – erzeugen gewissermaßen Dellen in der Raumzeit. Bewegen sich andere Sterne durch solche Gebiete, werden sie von ihrer ursprünglichen Bahn abgelenkt und scheinbar von der großen Masse angezogen. Tatsächlich folgen sie aber der kürzesten Strecke in der Raumzeit, die je nach Verformung eine bestimmte Bahn ergibt.

Wenn die Massen sich beschleunigt bewegen, dann breiten sich die erzeugten Störungen im Raumzeitgefüge mit Lichtgeschwindigkeit nach allen Seiten aus. Diese Gravitationswellen stauchen und dehnen abwechselnd den Raum – die Abstände zwischen den im Raum enthaltenen Objekten ändern sich.

Winzige Abstände messen

Allerdings sind diese Abstandsänderungen winzig: Selbst bei einem sehr energetischen und nahen Ereignis wie einer Sternexplosion in unserer Heimatgalaxie, verändert die entstehende Gravitationswelle den Abstand zwischen Erde und Sonne nur um den Durchmesser eines Wasserstoffatoms, und das auch nur für wenige tausendstel Sekunden.

Für kürzere Messstrecken ist die Wirkung entsprechend kleiner: Eine einen Kilometer lange Messstrecke ändert sich nur um ein Tausendstel des Durchmessers eines Protons. Diesen Effekt haben die Physiker mit den Gravitationswellen-Detektoren gemessen.

Eine große Herausforderung besteht darin, die vielen irdischen Störquellen, die ein Signal verdecken würden, auszuschalten. Dazu gehören beispielsweise Luftdruck- und Temperaturschwankungen sowie Bodenschütterungen aller Art.

Gravitationswellen nachweisen – so arbeitet GEO600

Die von Gravitationswellen verursachten winzigen Längenänderungen werden mit Hilfe eines Laser-Interferometers gemessen. Das Prinzip: Ein halbdurchlässiger Spiegel teilt einen einfallenden Laserstrahl; die beiden senkrecht zueinander verlaufenden Teilstrahlen durchlaufen die Messstrecken, werden reflektiert und auf einem Photodetektor überlagert.

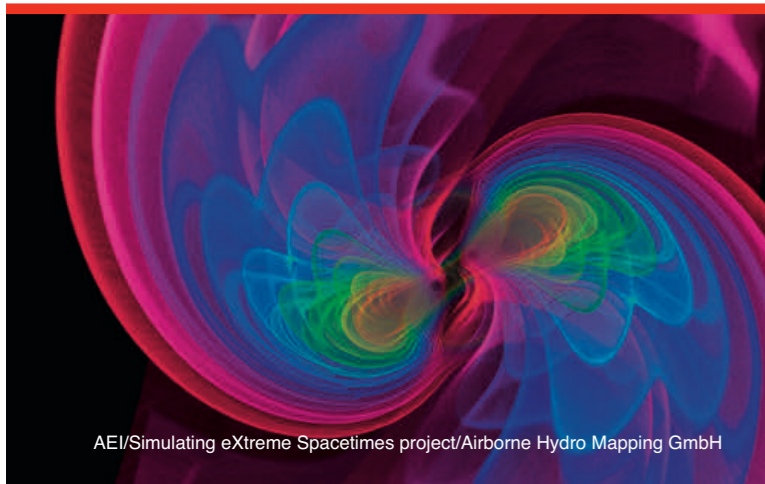
Da das Interferometer so eingestellt ist, dass die beiden zurücklaufenden Lichtwellen im Gegentakt schwingen, löschen sie sich gegenseitig aus; der Ausgang des Interferometers bleibt dunkel. Eine Gravitationswelle verändert jedoch die Länge der beiden Messstrecken: Sie dehnt die eine und staucht die andere Strecke. So kommen die Teilstrahlen außer Takt und löschen sich nicht mehr vollständig aus; am Ausgang erscheint ein Signal.

Die in GEO600 entwickelten und erprobten Technologien werden inzwischen in allen Gravitationswellen-Observatorien weltweit eingesetzt, um die winzigen Verzerrungen der Raumzeit nachzuweisen.

Hightech unterm Wellblechdach: Konzentration auf das Wesentliche

Von außen wirkt das Gravitationswellen-Observatorium unscheinbar. Allerdings verbirgt sich in den Containergebäuden und den zwei mit Wellblech abgedeckten, 600 Meter langen Gräben hochmoderne Technik. Man hat sich hier auf das Wesentliche konzentriert und so in einfacher Hülle ein physikalisches Großexperiment ersten Ranges geschaffen. Die Technologie wird an ihre Grenzen getrieben und weiterentwickelt: Laserstabilisierung, absorptionsfreie Optik, Regelungstechnik, Schwingungsdämpfung und Datenverarbeitung erhielten durch die GEO600-Wissenschaftler ganz neue Impulse.

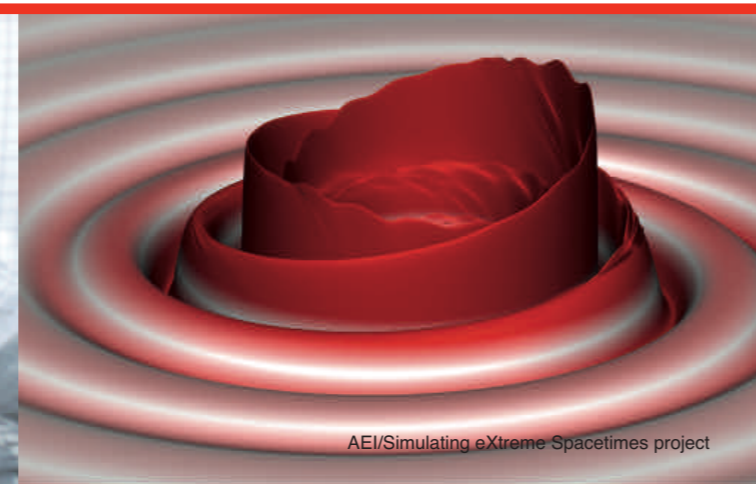
Eine Spezialität ist beispielsweise die Verstärkung von Laserlicht und Signal: Durch zusätzliche Spiegel werden sowohl Laserlicht als auch Signal jeweils mehrfach konstruktiv mit sich selbst überlagert und so verstärkt. Auch das verwendete Licht selbst wird besser gemacht als die Natur es üblicherweise erlaubt: GEO600 verwendet eine Quetschlichtquelle, die das quantenmechanische Rauschen des Lichts verändert und so die Messung genauer macht. Die GEO600-Wissenschaftler entwickelten außerdem eine neuartige Aufhängung der Spiegel an Glasfasern.



AEI/Simulating eXtreme Spacetimes project/Airborne Hydro Mapping GmbH



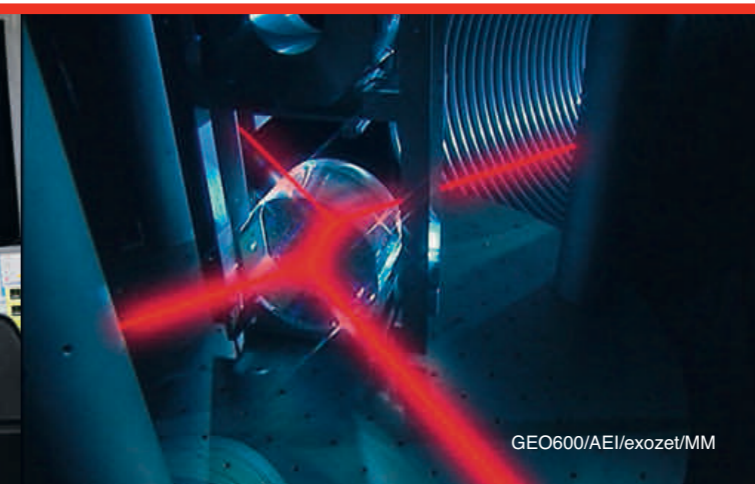
GEO600/AEI



AEI/Simulating eXtreme Spacetimes project



GEO600/AEI



GEO600/AEI/exozet/MM



GEO600/AEI