Forschungstechnologien

GEFÖRDERT VOM Bundesministerium für Bildung und Forschung
GEFÖRDERT DURCH DIE Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung

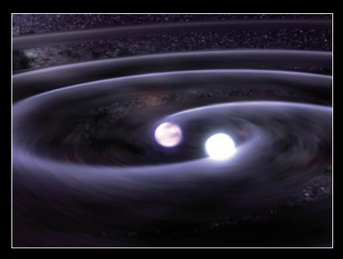
100 Jahre Allgemeine Relativitätstheorie

Einstein inside

Ein neues Werkzeug zur Beobachtung des Kosmos

Auf dem Weg zur Gravitationswellen-Astronomie

Die Gravitationswellen-Astronomie wird uns vollkommen neue Erkenntnisse über das Universum liefern. Die ersten gemessenen Gravitationswellensignale könnten höchstwahrscheinlich von verschmelzenden Schwarzen Löchern oder Neutronensternen stammen. Sie werden uns neuartige Einblicke in die sonst unsichtbaren Schwarzen Löcher und in den Aufbau von Neutronensternen eröffnen. Keine andere astrophysikalische Beobachtung kann uns diese Informationen liefern. Von der Vorhersage präziser Wellenmuster über die Entwicklung hochempfindlicher Detektortechnologien bis zur Datenanalyse ist das Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik (Albert-Einstein-Institut/AEI) mit Teilinstituten in Potsdam und Hannover an allen wesentlichen Bereichen der Gravitationswellenforschung maßgeblich beteiligt.



Miteinander verschmelzende Neutronensterne sind vielversprechende Quellen für starke Gravitationswellen-Ereignisse. Moderne Detektoren können diese in mehr als 200 Millionen Lichtjahren Distanz aufspüren. (Bild: NASA)

Vorhersage hochpräziser Wellenformen

Um verschmelzende Schwarze Löcher und Neutronensterne zu beobachten und eindeutige Informationen herausfiltern zu können, berechnet die Abteilung Astrophysikalische und Kosmologische Relativitätstheorie am AEI in Potsdam Gravitationswellenmuster – sowohl analytisch als auch mit numerischen Simulationen. Analytische Wellenform-Modelle sind nötig, da numerische Simulationen sehr zeitaufwändig sind und mehrere Monate dauern können – selbst dann, wenn man sich auf wenige Bahnumläufe und auf ausgewählte Parameter der Schwarzen Löcher beschränkt.

GEO600, rund 20 Kilometer südlich von Hannover gelegen, ist Teil des internationalen Netzwerks der Gravitationswellen-Detektoren und dessen zentrale Technologieschmiede. (Bildreihe: AEI/Milde Marketing)

Technologieschmiede und Laser-Ohr fürs All

Mit dem deutsch-britischen Detektor GEO600 bei Hannover werden wesentliche Technologien zum Aufspüren von Gravitationswellen entwickelt und erprobt, die in Gravitationswellen-Observatorien weltweit zum Einsatz kommen. Die Abteilung Laserinterferometrie und Gravitationswellen-Astronomie des AEI in Hannover betreibt GEO600 als Teil des internationalen Detektornetzwerks gemeinsam mit Kollegen aus Großbritannien. Mit einem Prototypen zum Test neuartiger Technologien ist die nächste Detektorgeneration bereits in Arbeit. Und gemeinsam mit europäischen Kollegen plant die Abteilung das „Einstein Telescope" – einen unterirdischen Detektor für noch präzisere Messungen.

Verteiltes Rechenprojekt Einstein@Home (Bild: Knispel, AEI/NASA)

Astrophysik mit Superrechner, Heimcomputer und Smartphone

Mit dem Computercluster Atlas, den die Abteilung Beobachtungsbasierte Relativität & Kosmologie am AEI in Hannover betreibt, werden die Daten aller großen Gravitationswellen-Detektoren nach Signalen durchsucht. Atlas ist mit einer Rechenleistung von 400 Billionen Berechnungen pro Sekunde der weltweit größte Computercluster für die Gravitationswellenmessung. Somit bestehen gute Chancen dafür, dass die ersten Gravitationswellen-Signale in Hannover entdeckt werden.

Rund 400.000 Freiwillige aus aller Welt beteiligen sich an Einstein@Home, einem verteilten Rechenprojekt der Abteilung gemeinsam mit Partnern in den USA. Sie stellen ungenutzte Rechenzeit auf ihren Computern und Smartphones bereit, welche für die Suche nach Gravitationswellen, Gammastrahlen und Radiowellen von schnell rotierenden Neutronensternen verwendet wird. Bislang wurden so mehr als 50 dieser exotischen Sternreste entdeckt.

Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik (Albert-Einstein-Institut, AEI) in Potsdam und Hannover

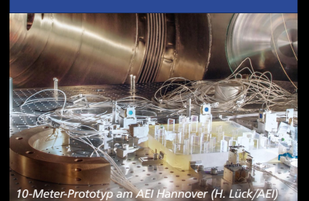
Mit seinen zwei Teilinstituten in Potsdam und Hannover ist es eines von 83 Instituten der Max-Planck-Gesellschaft. Es hat sich seit seiner Gründung im Jahr 1995 als international führendes Forschungszentrum etabliert.

Hier wird in fünf Abteilungen und mehreren unabhängigen Nachwuchsgruppen das gesamte Spektrum der Gravitationsphysik erforscht. Dies umfasst theoretische Grundlagenforschung in Allgemeiner Relativitätstheorie und Quantengravitation, sowie experimentelle und theoretische Aspekte der Suche nach den bereits im Jahr 1916 von Einstein vorhergesagten Gravitationswellen.

Das Teilinstitut in Hannover arbeitet sehr eng mit dem Institut für Gravitationsphysik der Leibniz Universität Hannover zusammen.

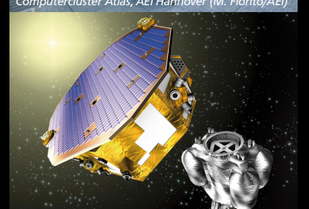
Mehr Infos unter: www.aei.mpg.de

Kontakte zur Presse- und Öffentlichkeitsarbeit:
Dr. Benjamin Knispel, Hannover
Dr. Elke Müller, Potsdam



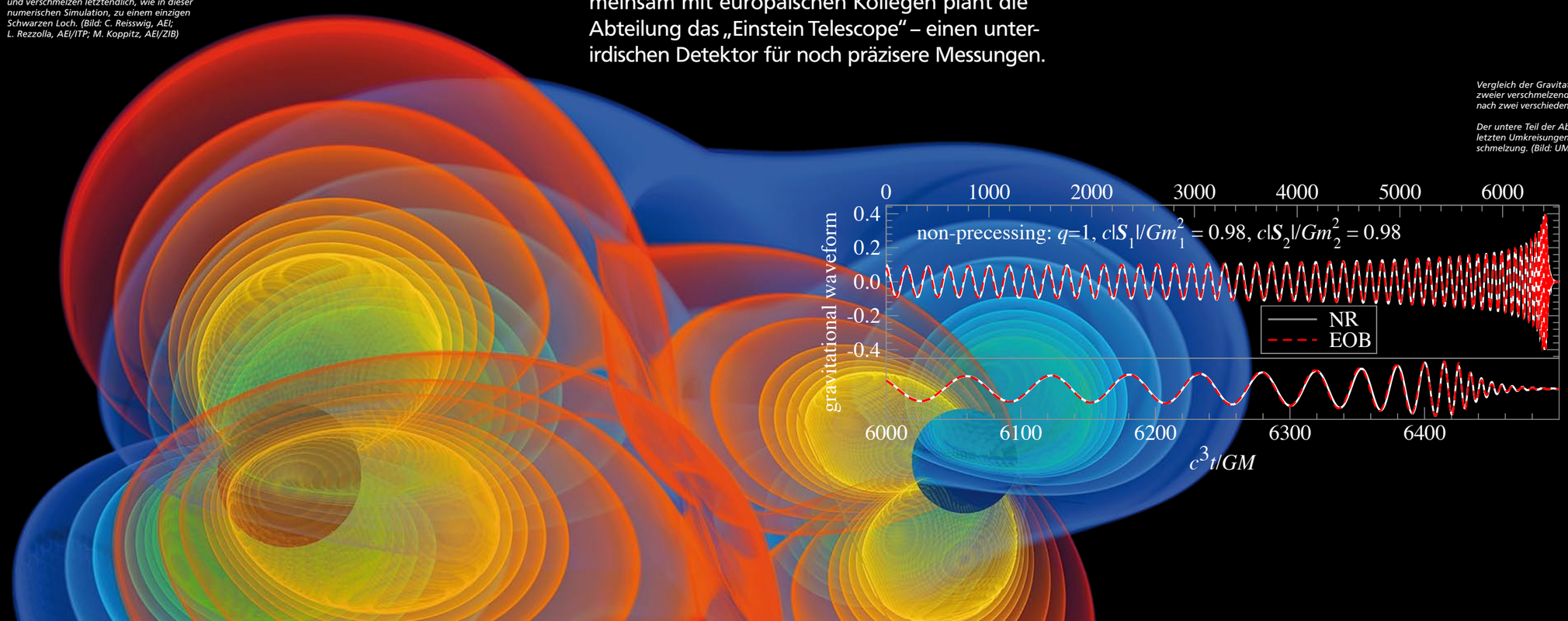
10-Meter-Prototyp am AEI Hannover (H. Lück/AEI)

Computercluster Atlas, AEI Hannover (M. Fiorito/AEI)



Technologiedemonstrator LISA Pathfinder (ESA)

Zwei Schwarze Löcher umkreisen einander unter Abstrahlung von Gravitationswellen und verschmelzen letztendlich, wie in dieser numerischen Simulation, zu einem einzigen Schwarzen Loch. (Bild: C. Reisswig, AEI; L. Rezzolla, AEI/ITP; M. Koppitz, AEI/ZIB)



Vergleich der Gravitationswellenform zweier verschmelzender Schwarzer Löcher nach zwei verschiedenen Modellen (oben).

Der untere Teil der Abbildung zeigt die letzten Umkreisungen inklusive der Verschmelzung. (Bild: UMD)

Design: www.gd90.de