

■ Fortschrittliche Suche nach Gravitationswellen

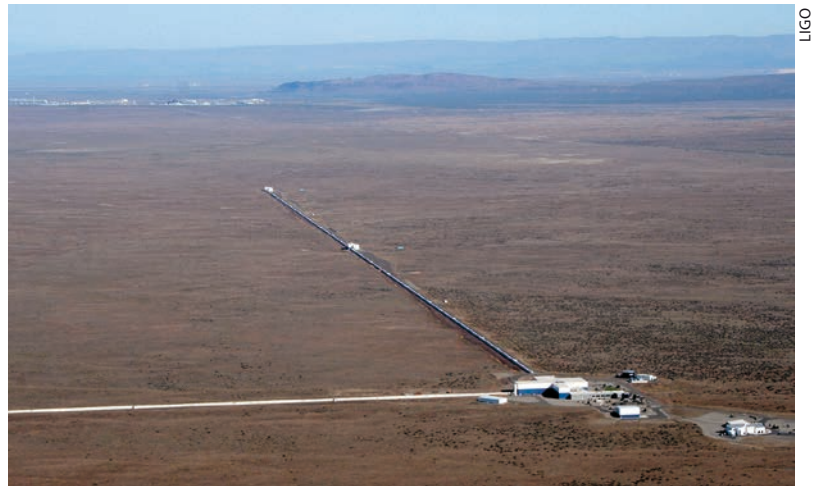
Mit rundum erneuerten und präziseren Detektoren ist Advanced LIGO in Betrieb gegangen.

#) www.ligo.org
 +) www.advancedligo.mit.edu
 &) Physik Journal, Oktober 2009, S. 33

Knapp hundert Jahre nach ihrer Vorhersage durch Albert Einstein tritt die Suche nach Gravitationswellen in eine neue Phase: Am 19. Mai weihte die LIGO Scientific Collaboration (LSC) den Upgrade der beiden „Laser-Interferometer Gravitationswellen-Observatorien“ (LIGO) in Hanford im US-Bundesstaat Washington ein.^{#)} Dort ist der Standort des einen Observatoriums, das zweite befindet sich in Livingston, Louisiana.

Die beiden LIGO-Observatorien bestehen aus zwei jeweils vier Kilometer langen rechtwinklig angeordneten Ultrahochvakuumssystemen, die als Laser-Interferometer dienen. Die beiden Standorte sind rund 3000 Kilometer voneinander entfernt. Dadurch lassen sich Laufzeitunterschiede nutzen, um die Position der Quellen für Gravitationswellen bestimmen zu können. Treffen Gravitationswellen auf das Interferometer, ändert sich die Länge seiner Arme, allerdings nur um einen extrem winzigen Betrag. Die bisherige Konfiguration von LIGO war so empfindlich, dass es eine Längenänderung von einem Tausendstel der Größe eines Protons nachweisen kann. Trotzdem ist es seit Inbetriebnahme im Jahr 2002 noch nicht gelungen, Gravitationswellen zu detektieren.

Nun setzen die Forscher ihre Hoffnung auf Advanced LIGO mit seiner um den Faktor zehn gesteigerten Messgenauigkeit.⁺⁾ Dazu haben Physikerinnen und Physiker



Ein Standort des LIGO-Gravitationswellen-Observatoriums befindet sich in Hanford im US-Bundesstaat Washington.

des Max-Planck-Instituts für Gravitationsphysik (Albert-Einstein-Institut, AEI) in Hannover und Potsdam entscheidende Beiträge geleistet, insbesondere die Entwicklung der maßgeschneiderten Hochleistungslaser. Sie wurden im deutsch-britischen GEO600-Detektor in der Nähe von Hannover getestet. „Viele der neuartigen Methoden werden nun in bei aLIGO eingesetzt, beispielsweise Signalüberhöhung und monolithische Spiegelaufhängungen“, sagt AEI-Direktor Karsten Danzmann. Ein besonderer Clou ist dabei, dass die Gravitationswellen-Detektoren die Eigenschaften von nichtklassischem Licht ausnutzen. Erst der Einsatz von „gequetschtem Licht“ und Quantenverschränkung erlaubte es, die Empfindlichkeit der Detektoren so entscheidend zu steigern.^{&)}

Genauere Modelle für die spezifischen Wellenformen der verschiedenen Beobachtungsobjekte tragen dazu bei, die extrem winzigen Signale der Gravitationswellen aus dem Rauschen zu fischen. So haben Wissenschaftler des AEI mit aufwändigen analytischen Näherungen der Allgemeinen Relativitätstheorie Wellenform-Modelle für besonders vielversprechende Quellen von Gravitationswellen entwickelt: verschmelzende Schwarze Löcher. aLIGO wird die erste wissenschaftliche Messkampagne „O1“ („Observation Run 1“) im Herbst 2015 beginnen. Damit rückt das Zeitalter der Gravitationswellen-Astronomie einen großen Schritt näher, die ein völlig neues Fenster für die Beobachtung unseres Universums öffnet.

Alexander Pawlak / AEI

■ Herausforderung Klimaforschung

Positionspapier des Deutschen Klimakonsortiums (DKK) zeigt Perspektiven für die Klimaforschung bis 2025 auf.

Der Klimawandel ist nicht wegzudiskutieren, das zeigt beispielsweise der aktuelle, vom Umweltbundesamt herausgegebene „Monitoringbericht 2015 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel“¹⁾: Steigende Temperaturen, feuchtere Winter und häufigere

Wetterextreme wirken sich zunehmend auf Energieversorgung, Landwirtschaft und Gesundheitsvorsorge in Deutschland aus.

Doch noch gibt es viel Forschungsbedarf, um den Klimawandel und seine Folgen zu verstehen. Daher hat das Deutsche Klimakon-

sortium (DKK), der Dachverband der Klimaforscher in Deutschland, am 10. Juni ein Positionspapier zu den „Perspektiven für die Klimaforschung 2015 bis 2025“ vorgelegt.²⁾ Daran haben seit 2013 über 80 Wissenschaftler und Experten unter Mitarbeit des Deutschen Zentrums

1) <http://bit.ly/1Tt9TSp>

2) <http://bit.ly/1dJkkb0>

für Luft- und Raumfahrt (DLR) gearbeitet.

Das Positionspapier bestimmt drei zentrale Themenfelder, die in den nächsten zehn Jahren im Fokus von Wissenschaft, Gesellschaft und Politik stehen sollten und zu denen die deutsche Forschung wertvolle Beiträge leisten kann: das Schließen von Lücken im Verständnis des Klimasystems, der Umgang mit Klimarisiken und die Rolle der Klimaforschung in der demokratischen Gesellschaft, mit dem Ziel, besser zugeschnittene Formen der Politikberatung zu entwickeln.

Die Autorinnen und Autoren des DKK-Positionspapiers fordern den weiteren Auf- und Ausbau von Klimabeobachtungssystemen. Noch sind viele Einzelprozesse wie auch Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Komponenten des Klimasystems unzureichend verstanden. Die Dynamik und Vorhersagbarkeit natürlicher Klimaschwankungen auf einem breiten Spektrum von Zeitskalen, von einigen Wochen bis hin zu Jahrzehnten und länger, ist nicht abschließend geklärt.



In den Polarregionen kommt es zunehmend zu Eisabbrüchen.

Große Wissenslücken gibt es auch in Bezug auf biogeochemische Kreisläufe und deren Wechselwirkung mit dem physikalischen Klimasystem. Hier leistet das DLR zentrale wissenschaftliche Beiträge. „Wir wollen zukünftig noch besser verstehen, wie die Abgase von Fahrzeugen, Flugzeugen, Schiffen und Zügen die Zusammensetzung der Atmosphäre und deren Erwärmung beeinflussen“, sagt Robert Sausen vom DLR-Institut für Phy-

sik der Atmosphäre, der am Positionspapier mitgewirkt hat: „Dafür untersuchen wir mit Satelliten, Forschungsflugzeugen und Computermodellen, wie sich die Verkehrsemissionen auf die komplexe Atmosphärenchemie auswirken.“

Eine nationale Modellierungsstrategie sei notwendig, um Fehler der Klimamodelle zu verringern und vor allem regionale Klimavorhersagen sicherer zu machen. Drei wesentliche Unsicherheitsfaktoren sind dabei Modellfehler, die interne Variabilität des Klimas und die Unkenntnis des zukünftigen Ausstoßes von Treibhausgasen wie Kohlendioxid und anderer klimawirksamer Substanzen. Der erste Schritt für die kommenden Jahre, so die Autoren des Papiers, sei es, die Wettervorhersage und ihre Verbindung zur kurzfristigen Klimavorhersage zu verlängern. Dies würde eine Planung von Nahrungs-, Wasser- und Energieverfügbarkeit über längere Zeiträume und eine bessere Vorbereitung auf extreme Wetterereignisse erlauben.

Ein große Herausforderung sind hochaufgelöste globale Klimasimulationen im Bereich von wenigen zehn Kilometern. Das ist in Deutschland bislang nicht umfassend und strategisch angegangen worden, heißt es im Positionspapier, nicht zuletzt in Bezug auf die steigenden Anforderungen an die IT-Infrastruktur: Eine Halbierung des Gitterpunktabstandes bei Klimasimulationen bedeutet etwa eine Verzehnfachung der benötigten Supercomputer-Kapazität.

Die Wissenschaftler und Experten fordern im DKK-Positionspapier eine stärkere Zusammenarbeit sowohl zwischen Natur- und Sozialwissenschaftlern als auch mit Praxispartnern aus Politik, Wirtschaft und Zivilgesellschaft. Damit führt das Positionspapier weit über die klassische Klimaforschung hinaus. „In Bezug auf den Klimawandel gibt es weniger ein Erkenntnisproblem, sondern insbesondere ein Umsetzungsproblem. Es geht zunehmend um Lösungsmöglichkeiten, die in einer demokratischen Gesellschaft legitimiert und akzeptiert sein müssen“, begründet DKK-

Vorstandsvorsitzender Mojib Latif vom Geomar Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung in Kiel: „Die Wissenschaft ist dabei nur einer unter vielen Akteuren – wenn auch mit einer besonderen Rolle und Verantwortung.“

Alexander Pawlak / DKK / DLR

■ DFG: Neue SFBs

Die DFG richtet 13 neue Sonderforschungsbereiche (SFB) ein, die ab 1. Juli mit insgesamt 113 Millionen Euro gefördert werden. Hinzu kommt eine 20-prozentige Programmpauschale. Folgende neue SFBs haben Physikbezug:

■ Der SFB „Topologische und korrelierte Elektronik in Ober- und Grenzflächen“ widmet sich den Fragen, wie sich elektronische Korrelationen und die topologische Physik von Festkörpern gegenseitig beeinflussen und wie durch das Wechselspiel Eigenschaften neuer Phasen in Festkörpern entstehen oder sich künftig – unter Kontrolle der Phänomene – maßschneidern lassen (Ralph Claessen, U Würzburg).

■ Der transregionale SFB „Hochleistungs-Lichtmikroskopie zur Aufklärung der Funktionen von Membranrezeptoren (Receptor-Light)“ möchte leistungsfähige Bildgebungstechnologien anwenden und weiterentwickeln, um zu verstehen, wie Membranrezeptoren verteilt sind und funktionieren (Klaus Benndorf, U Jena, weitere Partner: U Würzburg, Leibniz-Institut für Photonische Technologien, Jena).

■ Das Ziel des SFBs „Wellenphänomene: Analysis und Numerik“ besteht darin, die Ausbreitung von Wellen unter realitätsnahen Bedingungen analytisch zu verstehen, sie numerisch zu simulieren und zu steuern. Zudem wird die anwendungsbezogene Perspektive auf Optik und Photonik, Biomedizintechnik und Angewandte Geophysik gerichtet (Marlis Hochbruck, KIT, weitere Partner: U Tübingen, U Stuttgart). (DFG)