

# Hannover

## Albert-Einstein-Institut

Institut für Gravitationsphysik  
und

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

Callinstr. 38, 30167 Hannover  
Tel. (0511) 762-2229, Telefax: (0511) 762-5861  
E-Mail: [office-hannover@aei.mpg.de](mailto:office-hannover@aei.mpg.de)  
WWW: <http://www.aei.uni-hannover.de>  
WWW: <http://www.geo600.de>

## 0 Allgemeines

Am 1. April 2005 wurde aus den bisherigen Fachbereichen Physik und Mathematik der Universität Hannover die Fakultät für Physik und Mathematik. Im Rahmen dieser Neugründung wurde das bisherige Institut für Atom- und Molekülphysik in Institut für Gravitationsphysik umbenannt. Seit dem 1. April 1993 ist Prof. Dr. Karsten Danzmann der Leiter des Instituts. In enger Zusammenarbeit mit dem Max-Planck-Institut für Quantenoptik in Garching erfolgte seit 1995 der Aufbau des laserinterferometrischen Gravitationswellenobservatoriums GEO600. Der Betrieb wurde Ende 2001 aufgenommen. Das Albert-Einstein-Institut (vormals Zentrum für experimentelle Gravitationsphysik) wurde am 1. Januar 2002 eingerichtet. Es umfaßt das in Hannover neugegründete Teilinstitut des Max-Planck-Instituts für Gravitationsphysik (Albert-Einstein-Institut) in Potsdam/Golm und das Institut für Gravitationsphysik der Leibniz Universität Hannover. Prof. Dr. Karsten Danzmann ist ebenfalls Direktor der Abteilung „Laserinterferometrie und Gravitationswellennachweis“ des MPI für Gravitationsphysik; Prof. Dr. Bruce Allen ist seit 2007 Direktor der Abteilung „Experimentelle Relativität und Kosmologie“.

## 1 Personal und Ausstattung

### 1.1 Personalstand

*Direktoren und Professoren:*

Prof. Dr. Bruce Allen [-17148], Prof. Dr. Karsten Danzmann [-2356], em. Prof. Dr. Frank Demmig [-3482], em. Prof. Dr. Manfred Kock [-2798], Juniorprof. Dr. Roman Schnabel [-19169], em. Prof. Dr. Andreas Steudel [-17117], Dr. Benno Willke [-2360].

*Wissenschaftliche Mitarbeiter:*

Dr. Peter Aufmuth [-2386], Dr. Carsten Aulbert [-17185], Jens Breyer [-17104], Marc-Rainer Brinkmann[-6138], Dr. Paul Cochrane [-19922], Dr. Henning Fehrmann [-17135] Dr. Alexander Franzen [-19135], Dr. Antonio Francisco Garcia Marin [-19035], Dipl.-Phys. Volker Gies [-2799], Dr. Stefan Goßler [-19133], Dr. Hartmut Grote [-2210], Dr. Jan Harms [-17127],

Dr. Gerhard Heinzel [-19984], Dr. Martin Hewitson [-17121], Dr. Gerrit Kühn [-2785], Dr. Harald Lück [-4777], Bernd Machenschalk [-19463], Dr. Kasem Mossavi [-4780], Dr. Maria Alessandra Papa [-17160], Dr. Ajith Parameswaran [-17120], Dr. Jens Reiche [-5844], Dr. Rolf-Hermann Rinkleff [-5843], Dipl.-Phys. Albrecht Rüdiger, Dipl.-Phys. Roland Schilling, Dr. Benjamin Sheard [-17178], Dr. Sascha Skorupka [-2783], Dr. Luca Spani Molella [-4912], Dr. Kenneth A. Strain [-17173], Dr. Michael Tröbs [-19841], Michael Weinert [-6139], Dr. Walter Winkler.

*Doktoranden:*

Dipl.-Phys. Michael Britzger [-17189], Dipl.-Phys. Oliver Burmeister [-17169], Dipl.-Phys. Katrin Dahl [-17195], Dipl.-Phys. Marina Dehne [-17102], Dipl.-Phys. James DiGuglielmo [-17138], Dipl.-Phys. Jessica Dück [-3437], Dipl.-Phys. Roland Fleddermann [-17134], Dipl.-Phys. Daniel Friedrich [-19556], Dipl.-Phys. Volker Gies [-2799], Felipe Guzmán Cervantes, M.Sc. [-17152] (Euro-Kolleg), Dipl.-Phys. Boris Hage [-2551] (DFG), Dipl.-Phys. Alexander Khalaidovski [-17125], Dipl.-Phys. Benjamin Knispel [-19104], Dipl.-Phys. Joachim Kullmann [-2799], Dipl.-Phys. Patrick Kwee [-17144], Dipl.-Phys. Nico Lastzka [-17140], Dipl.-Phys. Moritz Mehmet [-17139], Dipl.-Phys. Tobias Meier [-17170], Anneke Monsky, M.Sc. [-17131], Dipl.-Phys. Helge Müller-Ebhardt [-19466], Dipl.-Phys. Holger Pletsch [-17171], Dipl.-Phys. Henning Rehbein [-19465] (Euro-Kolleg), Dipl.-Phys. Frank Seifert [-4994] (DFG), Dipl.-Phys. Frank Steier [-17151] (Euro-Kolleg), Dipl.-Phys. André Thüring [-17153] (DFG), Dipl.-Phys. Henning Vahlbruch [-19135], Dipl.-Phys. Alexander Wanner [-5845], Dipl.-Phys. Gudrun Wanner [-17137].

*Diplomanden:*

Simon Barke, Christian Diekmann, Christian Gräf, Tahir Evren Kendi, Christoph Mahrt, Markus Otto, Bogdan Papiniu, Henning Ryll, Sebastian Steinlechner, Tobias Westphal.

*Sekretariat und Verwaltung:*

Heidi Kruppa [-3543], Kirsten Naceur [-2229], Sabine Rehmert [-17164], Karin Salatti-Tara [-17145], Susanne Witte [-17161], Manfred Zimpel [-17161].

*Technisches Personal:*

Stefan Bertram [-2147], Jens Breyer [-17104], Marc Brinkmann [-6138], Dr. Iouri Bykov [-17152], Jan Diedrich [-2147], Ingo Diepholz [-17146], Claus Ebert [-17130], Brigitte Gehrmann [-17163], Walter Groß [-6165], Klaus-Dieter Haupt [-3542], Hans-Jörg Hochecker [-19464], Hans-Joachim Melching [-2147], Dipl.-Geophys. Konrad Mors [-5842], Xiaomei Niu [-17183], Dipl.-Ing. (FH) Michaela Pickenpack [-2502], Philipp Schauzu [-2147], Matthias Schlenk [-2873], Sergej Schweizer [-17183], Dipl.-Ing. (FH) Andreas Weidner [-19464], Michael Weinert [-6139], Maurice Willenbockel [-2147], Heiko zur Mühlen [-2368], Dipl.-Ing. Karl-Heinz Zwick-Meinheit [-3544].

*Studentische Mitarbeiter:*

Stefan Ast, Sebastian Greschner, Sina Köhlenbeck, Christina Krämer, Matthias Linden, Mike Marwede, Jonas Matthias, Henning Perl, Maximilian Richter, Miroslav Shaltev, Quoc Hoan Tran, Kristina Trien, Gerrit Visscher.

## 1.2 Personelle Veränderungen

*Ausgeschieden:*

Dr. Alexander Bunkowski, Dr. Simon Chelkowski, Dr. Michèle Heurs, Dr. Stefan Hild, Dr. Luciano Ribichini.

## 1.3 Instrumente und Rechenanlagen

Das Gravitationswellenobservatorium GEO600 ist ein Laserinterferometer in Michelson-Anordnung mit 600 m langen Armen. Es hat Ende 2001 den Betrieb aufgenommen, wird

aber noch laufend verbessert. In Zusammenarbeit mit ESA und NASA wird das Weltraumprojekt LISA („Laser Interferometer Space Antenna“) vorbereitet, ein Gravitationswellendetektor aus drei Satelliten in einem Abstand von 5 Mio. km. Zunächst soll 2009 eine Probemission (LISA Pathfinder) gestartet werden. Während GEO600 oberhalb von 40 Hz nach Gravitationswellen sucht, ist LISA für den Millihertz-Bereich zuständig. Zur Auswertung der Meßdaten wird ein Computer-Cluster aus 5000 CPUs mit einer Speicherkapazität von 1000 TB aufgebaut.

#### 1.4 Lehrtätigkeiten

Prof. K. Danzmann hielt im WS 2006/07 die Vorlesung „Gravitationsphysik und Laserinterferometrie I“, im SS 2007 „Gravitationsphysik und Laserinterferometrie II“ und im WS 2007/08 „Physik mit Experimenten I: Mechanik und Relativität“. Juniorprof. R. Schnabel hielt im WS 2006/07 die Vorlesung „Quantenoptik“, im SS 2007 „Nonclassical Interferometry“ und im WS 2007/08 „Quantenoptik“. Prof. B. Schutz hielt im SS 2007 die Vorlesung „Neutron Stars and Black Holes“.

Das Institut bot folgende Seminare zum Scheinerwerb an: im WS 2006/07 „Hat Einstein wirklich recht?“, im SS 2007 „Satellitenprojekte in der Astrophysik“ und im WS 2007/08 „Quellen für Gravitationswellen und ihr Nachweis“.

## 2 Wissenschaftliche Arbeiten

Das Auftreten von Gravitationswellen ist eine immer noch nicht direkt bestätigte Voraussage der Allgemeinen Relativitätstheorie (1916). Sie entstehen, wenn große, mit einem Quadrupolmoment versehene Massen sich schnell bewegen. Sie bewirken eine geringe Abstandsänderung zwischen zwei Punkten des Raumzeit-Kontinuums. Wellen beobachtbarer Stärke erwartet man von astrophysikalischen Objekten (Binärsysteme aus Neutronensternen oder Schwarzen Löchern) oder Ereignissen (Supernovae). Die erfolgreiche Beobachtung von Gravitationswellen wird einen völlig neuen Zweig der Astronomie eröffnen und uns grundlegend neue Erkenntnisse über Entstehung, Aufbau und Entwicklung des Universums liefern.

Ziel unserer Forschungen sind Entwicklung und Betrieb von erdgebundenen sowie satellitengestützten laserinterferometrischen Detektoren für Gravitationswellen. GEO600 wurde von September 1995 bis Ende 2001 in Ruthe bei Hannover gebaut. Im Jahr 2002 begann die Erprobungsphase; seitdem konnte die Empfindlichkeit der Anlage um einen Faktor 3000 gesteigert werden. GEO600 kann gegenwärtig Längenänderungen von  $3 \cdot 10^{-19}$  m messen. Die Anlage läuft heute mit einer Verlässlichkeit von 98 % im Dauerbetrieb. Bei GEO600 handelt es sich um eine deutsch-britische Zusammenarbeit. GEO600 arbeitet im Rahmen der LIGO Scientific Collaboration mit den US-amerikanischen Detektoren (LIGO) und dem französisch-italienischen Detektor (Virgo) eng zusammen.

Wir sind ebenfalls an der internationalen Studiengruppe für LISA, einem Gravitationswellendetektor im All mit 5 Millionen km Armlänge, federführend beteiligt. Zur Zeit bereiten wir in enger Zusammenarbeit mit der Industrie LISA Pathfinder vor, eine Probemission für LISA, die Ende 2009 starten soll.

Die Forschungsarbeit des Instituts befaßt sich mit der Suche nach neuen Techniken zur Vorbereitung der nächsten Generation von zehnmals empfindlicheren Gravitationswellendetektoren. Die Schwerpunkte liegen auf dem Gebiet der Quantenoptik, der Laserentwicklung und der nichtklassischen Interferometrie.

### 2.1 Diplomarbeiten

*Abgeschlossen:*

Britzger, Michael: Dreiport-Gitter-Resonator mit Power Recycling. Leibniz Universität Hannover, 2007.

Dahl, Katrin: Laserinduzierter, polarisationsabhängiger Übergang von Absorption zu Transparenz im Cäsium. Leibniz Universität Hannover, 2007.

Dehne, Marina: Untersuchungen zum Self-Injection Locking eines Hochleistungs-Ringlasers. Leibniz Universität Hannover, 2007.

Dück, Jessica: Neue Methoden zur Leistungsrauschmessung von Hochleistungslasern. Leibniz Universität Hannover, 2007.

Khalaidovski, Alexander: Der optische Kerr-Effekt im Fabry-Perot-Interferometer. Leibniz Universität Hannover, 2007.

Kullmann, Joachim: Aufbau einer laserinterferometrischen Positionsauslesung für die LISA-Testmassen. Leibniz Universität Hannover, 2007.

Prieß, Malte: Data Analysis in Gravitational Wave Physics. Leibniz Universität Hannover, 2007.

Samblowski, Aiko: Verschränkung kontinuierlicher Variablen von Seitenbändern optischer Felder. Leibniz Universität Hannover, 2007.

## 2.2 Dissertationen

### *Abgeschlossen:*

Chelkowski, Simon: Squeezed Light and Laser Interferometric Gravitational Wave Detectors. Leibniz Universität Hannover, 2007.

Garcia Marin, Antonio Francisco: Minimisation of optical pathlength noise for the detection of gravitational waves with the spaceborne laser interferometer LISA and LISA Pathfinder. Leibniz Universität Hannover, 2007.

Hild, Stefan: Beyond the First Generation: Extending the Science Range of the Gravitational Wave Detector GEO600. Leibniz Universität Hannover, 2007.

Parameswaran, Ajith: On aspects of gravitational-wave detection: Detector characterisation, data analysis and source modelling for ground-based detectors. Leibniz Universität Hannover, 2007.

Ribichini, Luciano: Thermal noise investigations in gravitational wave research. Leibniz Universität Hannover, 2007.

Skorupka, Sascha: Rauschuntersuchungen an hochstabilen Lasersystemen für die wissenschaftliche Weltraummission LISA. Leibniz Universität Hannover, 2007.

Wand, Vinzenz: Interferometry at low Frequencies: Optical Phase Measurement for LISA and LISA Pathfinder. Leibniz Universität Hannover, 2007.

## 2.3 Tagungen und Veranstaltungen

LSC-Virgo Meeting, GEO Meetings, Data Analysis Workshops.

## 2.4 Projekte und Kooperationen mit anderen Instituten

Am Aufbau und Betrieb von GEO600 sind folgende Institutionen beteiligt: Leibniz Universität Hannover; University of Glasgow; Cardiff University; Universität de les Illes Balears, Palma de Mallorca; Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Garching; Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik (Albert-Einstein-Institut), Potsdam/Golm; Rutherford Appleton Laboratory, Chilton; Laser Zentrum Hannover; Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig.

LISA ist ein Gemeinschaftsprojekt mit: Leibniz Universität Hannover; University of Glasgow; Cardiff University; Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Garching; Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik (Albert-Einstein-Institut), Potsdam/Golm; Rutherford Appleton Laboratory, Chilton; Imperial College, London; Università di Trento; University of Colorado, Boulder; Jet Propulsion Laboratory, Pasadena; CNRS, Nice; ONERA, Chatillon; CNR, Frascati; ESA-ESTEC, Noordwijk; NASA, Washington.

## 2.5 Beobachtungszeiten

GEO600 hat den Dauerbetrieb aufgenommen.

# 3 Auswärtige Tätigkeiten

## 3.1 Nationale und internationale Tagungen

Frühjahrstagung der DPG 2007, Heidelberg; 7th Eduardo Amaldi Conference on Gravitational Waves and 18th International Conference on General Relativity and Gravitation, Sydney (Australien); Inaugural Conference of the Institute for Gravitation and the Cosmos, Penn State University (USA); 12th Annual Gravitational Wave Data Analysis Workshop, Cambridge (USA).

# 4 Veröffentlichungen

## 4.1 In Zeitschriften und Büchern

- S. Hild, H. Grote, M. Hewitson, H. Lück, J.R. Smith, K.A. Strain, B. Willke, K. Danzmann: Demonstration and comparison of tuned and detuned signal recycling in a large-scale gravitational wave detector. *Class. Quantum Grav.* **24** (2007) 1513–1523
- S. Hild, P. Ajith, M. Hewitson, H. Grote, J.R. Smith: A statistical veto method employing an amplitude consistency check. *Class. Quantum Grav.* **24** (2007) 3783–3798
- P. Ajith, M. Hewitson, J.R. Smith, H. Grote, S. Hild, K.A. Strain: Physical instrumental vetoes for gravitational-wave burst triggers. *Phys. Rev. D* **76** (2007) 042004 [11 S.]
- H. Vahlbruch, S. Chelkowski, K. Danzmann, R. Schnabel: Quantum engineering of squeezed states for quantum communication and metrology. *New J. Phys.* **9** (2007) 371 [8 S.]
- S. Hild, A. Freise: A novel concept for increasing the peak sensitivity of LIGO by detuning the arm cavities. *Class. Quantum Grav.* **24** (2007) 5453–5460
- S. Hild, M. Brinkmann, K. Danzmann, H. Grote, M. Hewitson, J. Hough, H. Lück, I. Martin, K. Mossavi, N. Rainer, S. Reid, J.R. Smith, K. Strain, M. Weinert, P. Willems, B. Willke, W. Winkler: Photon pressure induced test mass deformation in gravitational-wave detectors. *Class. Quantum Grav.* **24** (2007) 5681–5688
- B. Abbott and the LIGO Scientific Collaboration: Upper limit map of a background of gravitational waves. *Phys. Rev. D* **76** (2007) 082003 [11 S.]

- B. Abbott and the LIGO Scientific Collaboration: Upper limits on gravitational wave emission from 78 radio pulsars. *Phys. Rev. D* **76** (2007) 042001 [20 S.]
- B. Abbott and the LIGO Scientific Collaboration: Searching for a stochastic background of gravitational waves with the laser interferometer gravitational-wave observatory. *Ap. J.* **659** (2007) 918–930
- B. Abbott and the LIGO Scientific Collaboration: Search for gravitational-wave bursts in LIGO data from the fourth science run. *Class. Quantum Grav.* **24** (2007) 5343–5369

#### 4.2 Konferenzbeiträge

- A. F. Garcia Marin, G. Heinzl, K. Danzmann: Interferometry for LISA and LISA Pathfinder. *J. Phys. Conf. Ser.* **66** (2007) 012052 [5 S.]
- Der Tagungsband zur “Seventh Edoardo Amaldi Conference on Gravitational Waves” in Sydney (8. - 14. Juli 2007) erscheint im April 2008 als Sonderband der Zeitschrift “Classical and Quantum Gravity” mit zahlreichen Beiträgen von Mitarbeitern des Albert-Einstein-Instituts.

#### 4.3 Populärwissenschaftliche und sonstige Veröffentlichungen

- Aufmuth, P.: An der Schwelle zur Gravitationswellenastronomie. *Sterne und Weltraum*, H. 1 (2007) 26–32

Peter Aufmuth