

## Hannover

### Zentrum für experimentelle Gravitationsphysik (Albert-Einstein-Institut)

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

Callinstr. 38, 30167 Hannover  
Tel. (05 11) 762-2229, Telefax: (05 11) 762-2784  
E-Mail: [office-hannover@aei.mpg.de](mailto:office-hannover@aei.mpg.de)  
WWW: <http://www.aei-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. Das Institut für Atom- und Molekülphysik wurde 1979 vom Fachbereich Physik der Universität Hannover eingerichtet. Seit dem 1. April 1993 ist Prof. Dr. Karsten Danzmann der Leiter der Abteilung Spektroskopie. 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 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 Universität Hannover.

## 1 Personal und Ausstattung

### 1.1 Personalstand

#### *Direktoren und Professoren:*

Prof. Dr. Karsten Danzmann [-2356], em. Prof. Dr. Andreas Steudel, em. Prof. Dr. Klaus Heilig, Juniorprof. Dr. Roman Schnabel [-19169].

#### *Wissenschaftliche Mitarbeiter:*

Dr. Peter Aufmuth [-2386], Dr. Hartmut Grote [-2210], Dr. Gerhard Heinzl [-19984], Dr. Michèle Heurs [-5845], Dr. Martin Hewitson [-17121], Dr. Harald Lück [-4777], Dr. Kasem Mossavi [-4780], Dr. Jens Reiche [-5844], Dr. Rolf-Hermann Rinkleff [-5843], Dr. Michael Tröbs [-19841], Dr. Benno Willke [-2360], Dr. Walter Winkler.

*Doktoranden:*

Dipl.-Phys. Johanna Bogenstahl, Dipl.-Phys. Alexander Bunkowski [-19556] (DFG), Dipl.-Phys. Simon Chelkowski [-19133] (DFG), Dipl.-Phys. Gudrun Diederichs [-17137], Dipl.-Phys. Alexander Franzen [-19135], Antonio Francisco Garcia Marin [-19035], Felipe Guzmán Cervantes, M.Sc. [-17152] (Euro-Kolleg), Dipl.-Phys. Boris Hage [-2551] (DFG), Dipl.-Phys. Jan Harms [-17127], Dipl.-Phys. Stefan Hild [-17154], Dipl.-Phys. Gerrit Kühn [-2785], Dipl.-Phys. Nico Lastzka [-17140], Dipl.-Phys. Michaela Malec [-19463], Dipl.-Phys. Tobias Meier [-17170], Dipl.-Phys. Helge Müller-Ebhardt [-19466], Ajith Parameswaran [-17120], Dipl.-Phys. Henning Rehbein [-19465] (Euro-Kolleg), Luciano Ribichini [-19922], Dipl.-Phys. Frank Seifert [-4994] (DFG), Dipl.-Phys. Sascha Skorupka [-2783], Joshua Smith, B.S. [-17159], Luca Spani Molella [-4912], Dipl.-Phys. Frank Steier [-17151] (Euro-Kolleg), Dipl.-Phys. André Thüring [-17153] (DFG), Dipl.-Phys. Henning Vahlbruch [-19135], Dipl.-Phys. Vinzenz Wand [-19104].

*Diplomanden:*

Marina Dehne, James DiGuglielmo, Jessica Dück, Roland Fleddermann, Daniel Friedrich, Patrick Kwee, Moritz Mehmet.

*Sekretariat und Verwaltung:*

Heidi Kruppa [-3543], Kirsten Naceur [-2229], Sabine Ruhmkorf [-17164].

*Technisches Personal:*

Stefan Bertram [-2147], Lars Brunnermeier [-17146], Jan Diedrich [-2147], Claus Ebert [-17130], Walter Grass [-6165], Klaus-Dieter Haupt [-3542], Hans-Joachim Melching [-2147], Korad Mors [-5842], Michaela Pickenpack [-2502], Philipp Schauzu [-2147], Jonathan Schenk [-19464], Matthias Schlenk [-2873], Andreas Weidner [-19464], Heiko zur Mühlen [-2368], Karl-Heinz Zwick-Meinheit [-3544], Roland Zymelka [-2147].

*Studentische Mitarbeiter:*

Simon Barke, Olaf Beyer, Alexander Brensing, Rowena Fermi, Christian Gräf, Johannes Heinze, Lili Karatunov, Vladimir Kossovoi, Gillian Mayer, Sebastian Philipp, Aiko Samblowski.

## 1.2 Personelle Veränderungen

*Ausgeschieden:*

Stefan Goßler, Karsten Kötter, Volker Leonhard, Uta Weiland.

## 1.3 Instrumente und Rechenanlagen

GEO600 ist ein Laserinterferometer in Michelson-Anordnung mit 600 m langen Armen. Die Anlage 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 satellitengestützter Gravitationswellendetektor mit einer Armlänge von 5 Mio. km. Während GEO600 oberhalb von 40 Hz nach Gravitationswellen sucht, ist LISA für den Millihertz-Bereich zuständig. Der Start von LISA ist für das Jahr 2015 vorgesehen.

## 2 Lehrtätigkeit, Prüfungen und Gremientätigkeit

### 2.1 Lehrtätigkeiten

Prof. K. Danzmann hielt im WS 2004/05 die Vorlesung "Physik I", im SS 2005 "Physik II" und im WS 2005/06 "Physik I", jeweils mit Experimenten. Juniorprof. R. Schnabel hielt im WS 2004/05 die Vorlesung "Non-Classical Light", im SS 2005 "Non-Classical Interferometry" und im WS 2005/06 "Nicht-klassisches Licht". Prof. B. Schutz hielt im SS 2005 die

Vorlesung "Gravitational Radiation".

Das Institut bot folgende Seminare zum Scheinerwerb an: im WS 2004/05 und im SS 2005 "Neue Interferometertechniken", im WS 2005/06 "Quellen von Gravitationswellen".

### 3 Wissenschaftliche Arbeiten

Das Auftreten von Gravitationswellen ist eine immer noch nicht direkt bestätigte Voraussage der Allgemeinen Relativitätstheorie (1916). Sie entstehen, wenn große Massen sich schnell bewegen und 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, Urknall und Inflation). Die erfolgreiche Beobachtung von Gravitationswellen wird einen völlig neuen Zweig der Astronomie eröffnen.

Die Forschungsarbeit der Abteilung befaßt sich mit der Suche nach neuen Techniken zur Vorbereitung der nächsten Generation empfindlicherer Gravitationswellendetektoren. Die Schwerpunkte liegen auf den Gebieten der Quantenoptik und der Detektorentwicklung. Im folgenden einige Stichworte zu den bearbeiteten Themen.

Quantenoptik: Realisierung von breitbandigen Resonatoren hoher Güte; automatische Kontrolle von Fabry-Perot-Resonatoren mit variablen Verlusten; Stabilisierung, Frequenzverdopplung und Rückkopplung von Diodenlasern; Lichtverstärkung ohne Inversion; Signalausbreitung in Medien mit anomaler Dispersion; Erzeugung von gequetschtem Licht; Messungen an und unterhalb der Quantenrauschgrenze.

Detektorentwicklung: Rückführung der im Interferometer nicht genutzten Laserleistung ("Power-Recycling"); Empfindlichkeitssteigerung durch resonante Signalüberhöhung ("Signal-Recycling"); Verwendung monolithischer Pendel zur Spiegelaufhängung; Korrektur von Wellenfrontverzerrungen durch thermisch adaptive Optik; Einsatz diffraktiver Optik.

### 4 Diplomarbeiten, Dissertationen, Habilitationen

#### 4.1 Diplomarbeiten

*Abgeschlossen:*

Bogenstahl, Johanna: Interferometer zur Charakterisierung von optischen Komponenten. Universität Hannover, 2005.

Burmeister, Oliver: Fabry-Perot Resonatoren mit diffraktiven Einkopplern. Universität Hannover, 2005.

Diederichs, Gudrun: Spektrale Rauschdichten optomechanisch gekoppelter Oszillatoren. Universität Hannover, 2005.

Kwee, Patrick: Charakterisierung von Lasersystemen für Gravitationswellendetektoren. Universität Hannover, 2005.

Lastzka, Nico: Analyse nichtlinearer Resonatoren. Universität Hannover, 2005.

Meier, Tobias: Current Lock mit hoher Bandbreite – Kopplungen zwischen Frequenz und Leistung bei nicht-planaren Ringoszillatoren. Universität Hannover, 2005.

#### 4.2 Dissertationen

*Abgeschlossen:*

Tröbs, Michael: Laser development and stabilization for the spaceborne interferometric gravitational wave detector. Universität Hannover, 2003.

## 5 Tagungen, Projekte am Institut und Beobachtungszeiten

### 5.1 Tagungen und Veranstaltungen

In Hannover fanden 2005 folgende Tagungen statt, die vom Zentrum für experimentelle Gravitationsphysik organisiert wurden: Das “GEO-HF Meeting” vom 9. bis 11. Januar und das “GEO Meeting” vom 30. März bis zum 1. April.

### 5.2 Projekte und Kooperationen mit anderen Instituten

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

LISA ist ein Gemeinschaftsprojekt mit: University of Glasgow; Cardiff University; Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Garching; Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik (Albert-Einstein-Institut), 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.

Im Jahre 1997 hat die Deutsche Forschungsgemeinschaft an der Universität Hannover den Sonderforschungsbereich 407 “Quantenlimitierte Meßprozesse mit Atomen, Molekülen und Photonen” eingerichtet. Beteiligt sind die Institute für Gravitationsphysik und für Quantenoptik der Universität Hannover, sowie die Physikalisch-Technische Bundesanstalt in Braunschweig und das Laserzentrum Hannover. Ziel ist es, das Quantenverhalten physikalischer Systeme besser zu verstehen, um bisherige messtechnische Grenzen zu überwinden und sowohl in der experimentellen Grundlagenforschung als auch bei künftigen Anwendungen bis an die Quantengrenze vorzustoßen.

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft hat im Frühjahr 2002 den Sonderforschungsbereich Transregio 7 “Gravitationswellenastronomie: Methoden – Quellen – Beobachtung” eingerichtet. Die beteiligten Institutionen sind das Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik (Albert-Einstein-Institut) in Golm und Hannover, das Max-Planck-Institut für Astrophysik in Garching, die Universität Hannover, die Friedrich-Schiller-Universität Jena und die Eberhard Karls Universität Tübingen. Seine Aufgabe besteht in einer aufeinander abgestimmten Forschung auf dem Gebiet der theoretischen und experimentellen Astrophysik. Das Programm umfaßt die Untersuchung der Feldgleichungen der Gravitation und der Struktur und Dynamik kompakter Objekte, sowie die Detektion von Gravitationswellensignalen.

### 5.3 Beobachtungszeiten

Vom 22. Februar bis 24. März 2005 erfolgten gemeinsame Datenaufnahmen von GEO600 und dem amerikanischen LIGO-Projekt.

### 5.4 Nationale und internationale Tagungen

Aspen Winter Conference 2005 (Gravitational Wave Advanced Detection Workshop), Aspen; Jahrestagung der DPG 2005: Physik seit Albert Einstein, Berlin; Geometry and Physics after 100 Years of Einstein’s Relativity – 10 Years Albert Einstein Institute, Potsdam/Golm; Aspen Summer Workshop 2005 (LISA Data: Analysis, Sources, and Science), Aspen; Sixth Edoardo Amaldi Conference on Gravitational Waves, Okinawa; Beyond Einstein: Physics for the 21st century, Bern; Relativistic Astrophysics and Cosmology – Einstein’s Legacy, München.

## 6 Veröffentlichungen

### 6.1 In Zeitschriften und Büchern

- A. Bunkowski, O. Burmeister, K. Danzmann, R. Schnabel: Input-output relations for a three-port grating coupled Fabry-Perot cavity. *Optics Lett.* **30** (2005) 1183–1185
- S. Chelkowski, H. Vahlbruch, B. Hage, A. Franzen, N. Lastzka, K. Danzmann, R. Schnabel: Experimental characterization of frequency-dependent squeezed light. *Phys. Rev. A* **71** (2005) 013806 [8 S.]
- L. Spani Molella, R.-H. Rinkleff, K. Danzmann: The role of the coupling laser in electromagnetically induced absorption. *Phys. Rev. A* **72** (2005) 041802 (R) [4 S.]
- T. Clausnitzer, E.-B. Kley, A. Tünnermann, A. Bunkowski, O. Burmeister, K. Danzmann, R. Schnabel, S. Gliech, A. Duparré: Ultra low-loss low-efficiency diffraction gratings. *Optics Express* **13** (2005) 4370–4378
- M. Hewitson (for the LIGO Scientific Collaboration): Preparing GEO600 for gravitational astronomy – a status report. *Class. Quantum Grav.* **22** (2005) S891–S900
- P. Aufmuth, K. Danzmann: Gravitational wave detectors. *New J. Phys.* **7** (2005) 202 [15 S.]

### 6.2 Konferenzbeiträge

- T. Clausnitzer, E.-B. Kley, A. Tünnermann, A. Bunkowski, O. Burmeister, K. Danzmann, R. Schnabel, A. Duparré, S. Gliech: Low-loss gratings for next-generation gravitational wave detectors. In: M.L. Fulton, J.D. Kruschwitz (eds.) *Advances in Thin-Film Coatings for Optical Applications II*. *Proc. SPIE* **5870** (2005) 153–160

### 6.3 Populärwissenschaftliche und sonstige Veröffentlichungen

- P. Aufmuth: Einsteins Hausaufgaben. *Die Rheinpfalz* Nr. 54 (5. 3. 2005), Wochenendbeilage, S. 1
- K. Danzmann: Der Klang des Universums: Auf der Suche nach Einsteins Gravitationswellen. In: *Max-Planck-Gesellschaft – Jahrbuch 2005*. München (2005) 37–51

Peter Aufmuth