

Hannover

Albert-Einstein-Institut Hannover

Institut für Gravitationsphysik, Leibniz Universität Hannover
und
Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik (Albert-Einstein-Institut)

Callinstr. 38, 30167 Hannover
Tel. (0511) 762-2229, Telefax: (0511) 762-2784
E-Mail: office-hannover@aei.mpg.de
WWW: <http://www.aei-hannover.de>

0 Allgemeines

Am 1. April 2005 wurde aus den bisherigen Fachbereichen Physik und Mathematik der Leibniz Universität Hannover (LUH) 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.

Am 1. Januar 2002 wurde in Hannover in Kooperation mit der LUH ein Teilinstitut des in Potsdam-Golm befindlichen Max-Planck-Instituts für Gravitationsphysik (Albert-Einstein-Institut, AEI) eingerichtet. Prof. Dr. Karsten Danzmann ist Leiter des AEI und Direktor der Abteilung „Laserinterferometrie und Gravitationswellennachweis“; Prof. Dr. Bruce Allen ist seit 2007 Direktor der zweiten 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], Prof. Dr. Roman Schnabel [-19169], em. Prof. Dr. Andreas Steudel [-17117], PD Dr. Benno Willke [-2360].

Wissenschaftliche Mitarbeiter:

Dr. Peter Aufmuth [-2386], Dr. Carsten Aulbert [-17185], Jens Breyer [-17104], Marc-Rainer Brinkmann [-6138], Dr. Henning Fehrmann [-17135], Dr. Antonio Francisco García Marín [-19035], Dr. Stefan Goßler [-19133], Dr. Hartmut Grote [-2210], Dr. Gerhard Heinzl [-19984], Dr. Martin Hewitson [-17121], Dr. Gerrit Kühn [-2785], Dr. Harald Lück [-4777], Bernd Machenschalk [-19463], Dr. Maria Alessandra Papa [-17160], Dr. Jens Reiche [-5844], Dipl.-Phys. Albrecht Rüdiger, Dipl.-Phys. Roland Schilling, Dr. Benjamin Sheard [-17178],

Dr. Sascha Skorupka [-2783], Dr. Kenneth A. Strain [-17173], Dr. Michael Tröbs [-19841], Michael Weinert [-6139], Dr. Walter Winkler.

Doktoranden:

Dipl.-Phys. Simon Barke [-17184], Dipl.-Phys. Dipl.-Ing. (FH) Jöran Bauchrowitz [-17074], Dipl.-Phys. Michael Britzger [-17189], Dipl.-Phys. Oliver Burmeister [-17169], Dipl.-Phys. Katrin Dahl [-17195], Dipl.-Phys. Marina Dehne [-17102], Dipl.-Phys. Christian Diekmann [-17147], Dipl.-Phys. James DiGuglielmo [-17138], Dipl.-Phys. Jessica Dück [-3437], Juan Jose Esteban Delgado, M.Sc. [-17097], Dipl.-Phys. Roland Fleddermann [-17134], Dipl.-Phys. Daniel Friedrich [-19556], Dipl.-Phys. Volker Gies [-2799], Felipe Guzmán Cervantes, M.Sc. [-17152], Dipl.-Phys. Boris Hage [-2551], 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. Mirko Boris Prijatelj [-17051], Dipl.-Phys. Henning Rehbein [-19465], Dipl.-Phys. Aiko Samblowski [-17096], Dipl.-Phys. Frank Seifert [-4994], Dipl.-Phys. Frank Steier [-17151], Dipl.-Phys. André Thüring [-17153], Dipl.-Phys. Henning Vahlbruch [-19135], Dipl.-Phys. Alexander Wanner [-5845], Dipl.-Phys. Gudrun Wanner [-17137].

Diplomanden:

Robin Bähre, Johannes Eichholz, Christian Gräf, Christoph Mahrt, Markus Otto, Bogdan Papiniu, Henning Ryll, Sebastian Steinlechner, Tobias Westphal.

Sekretariat und Verwaltung:

Hannah Arpke [-17052], Dr. Oliver Dreissigacker [-17098], Brigitte Gehrmann [-17163], Heidi Kruppa [-3543], Dr. Kasem Mossavi [-4780], Kirsten Naceur [-2229], Sabine Rehmert [-17164], Karin Salatti-Tara [-17145], 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], Walter Graß [-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], Dipl.-Ing. (FH) Andreas Weidner [-19464], Michael Weinert [-6139], Heiko zur Mühlen [-2368], Dipl.-Ing. Karl-Heinz Zwick-Meinheit [-3544].

Studentische Mitarbeiter:

Hauke Bensch, Tobias Eberle, Abdellah Ouhinach, Christian Pfennig.

1.2 Personelle Veränderungen

Ausgeschieden:

Dr. Jan Harms, Dr. Ajith Parameswaran, Dr. Rolf-Hermann Rinkleff, Dr. Luca Spani Molella.

Neueinstellungen und Änderungen des Anstellungsverhältnisses:

Juniorprof. Dr. Roman Schnabel hat einen an ihn ergangenen Ruf auf eine W2-Professur für Laserinterferometrie an der LUH angenommen.

1.3 Instrumente und Rechenanlagen

Das Gravitationswellenobservatorium GEO600 ist ein Laserinterferometer in Michelson-Anordnung mit 600 Meter 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 fünf Millionen Kilometern. Zunächst soll 2011 eine Probemission (LISA Pathfinder) gestartet werden. Während GEO600 oberhalb von 40 Hertz nach Gravitationswellen sucht, ist LISA für den Millihertz-Bereich zuständig.

Zur Auswertung der Messdaten wurde der Computer-Cluster ATLAS aufgebaut und im Mai 2008 in Betrieb genommen. Er umfasst in der gegenwärtigen Ausbaustufe 1680 Rechnerknoten mit jeweils vier CPU-Kernen, 32 Datenknoten à 10 Terabyte und 13 mit jeweils 18 Terabyte Festplattenplatz. Damit erreicht er eine extrapolierte effektive Rechenleistung von etwa 40 Teraflops pro Sekunde. Die einzelnen Komponenten sind mit insgesamt rund sechs Kilometer handelsüblicher Ethernet-Kabel verbunden. Aufgrund des speziellen, hoch effizienten Gigabit-Netzwerks ist ATLAS laut Liste der Top-500 Supercomputer vom Juni 2008 der welt schnellste Gigabit-Ethernet-basierte Cluster.

2 Lehrtätigkeit, Prüfungen und Gremientätigkeit

2.1 Lehrtätigkeiten

Prof. K. Danzmann hielt im WS 2007/08 die Vorlesung „Physik mit Experimenten I: Mechanik und Relativität“, im SS 2008 „Physik II (mit Experimenten)“, im WS 2008/09 „Gravitationsphysik“ und „Laserinterferometrie“. Juniorprof. R. Schnabel hielt im WS 2007/08 die Vorlesung „Quantenoptik“, im SS 2008 „Experimentalphysik II für Chemie, Biochemie, Geodäsie, Geoinformatik und Geowissenschaften“, im WS 2008/09 „Experimentalphysik für Chemie, Biochemie, Geodäsie, Geoinformatik und Geowissenschaften“.

Das Institut bot folgende Seminare zum Scheinerwerb an: Im WS 2007/08 „Quellen für Gravitationswellen und ihr Nachweis“, im SS 2008 „Einstein im Experiment“ und im WS 2008/09 „Laserinterferometrie und Gravitationswellendetektoren: Quantenrauschen des Lichts“.

3 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 beschleunigt 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, Urknall). 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 Anfang 2011 starten soll.

Die Forschungsarbeit des Instituts befaßt sich mit der Suche nach neuen Techniken zur Vorbereitung der nächsten Generation von zehnmal empfindlicheren Gravitationswellendetektoren. Zur Zeit wird ein neuer Prototyp eines Michelson-Interferometers mit einer Armlänge von 10 m aufgebaut. Die Schwerpunkte liegen auf dem Gebiet der Quantenoptik (Einsatz von gequetschtem Licht), der Laserentwicklung und der nichtklassischen Interferometrie (Einsatz von nichtdurchstrahlter Optik).

4 Diplomarbeiten, Dissertationen, Habilitationen

4.1 Diplomarbeiten

Barke, Simon: Inter-Spacecraft Clock Transfer Phase Stability for LISA. Leibniz Universität Hannover, 2008.

Diekmann, Christian: Phasenstabilisierung und -auslesung für LISA. Leibniz Universität Hannover, 2008.

Gräf, Christian: PPKTP-Quetschlichtquelle und Twin Signal Recycling. Leibniz Universität Hannover, 2008.

Mahrtdt, Christoph: Rauschprojektion höherer Ordnung. Leibniz Universität Hannover, 2008.

Otto, Markus: Simulation und Messung eines stochastischen Hintergrundes. Leibniz Universität Hannover, 2008.

Ryll, Henning: Transmission hoher Laserleistung durch optische Fasern. Leibniz Universität Hannover, 2008.

Steinlechner, Sebastian: Gequetschtes Licht bei 1550 nm. Leibniz Universität Hannover, 2008.

4.2 Dissertationen

Franzen, Alexander: Präparation von destillierten und purifizierten gequetschten Zuständen. Leibniz Universität Hannover, 2008.

Müller-Ebhardt, Helge: On quantum effects in the dynamics of macroscopic test masses. Leibniz Universität Hannover, 2008.

Rehbein, Henning: On the enhancement of future gravitational wave laser interferometers and the prospects of probing macroscopic quantum mechanics. Leibniz Universität Hannover, 2008.

Vahlbruch, Henning: Squeezed Light for Gravitational Wave Astronomy. Leibniz Universität Hannover, 2008.

5 Tagungen, Projekte am Institut und Beobachtungszeiten

5.1 Tagungen und Veranstaltungen

GEO Meetings, Data Analysis Workshops.

5.2 Projekte und Kooperationen mit anderen Instituten

Am Aufbau und Betrieb von GEO600 sind folgende Institutionen beteiligt: Leibniz Universität Hannover; University of Glasgow; Cardiff University; Universitat 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 Glas-

gow; 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.

5.3 Beobachtungszeiten

GEO600 läuft mindestens zu 80 % der Zeit im Dauerbetrieb („Astrowatch“).

6 Auswärtige Tätigkeiten

6.1 Nationale und internationale Tagungen

Frühjahrstagung der DPG 2008 in Freiburg und Darmstadt; Gravitational Wave Advanced Detector Workshop, Elba; 7th LISA Symposium, Barcelona; LSC-Virgo Meeting, Amsterdam; 40th Conference of the European Group for Atomic Spectroscopy, Graz; Beyond Einstein: Historical Perspectives on Geometry, Gravitation, and Cosmology in the 20th Century, Mainz.

7 Veröffentlichungen

7.1 In Zeitschriften und Büchern

- Abbott, B. and the LIGO Scientific Collaboration: First joint search for gravitational-wave bursts in LIGO and GEO600 data. *Class. Quantum Grav.* **25** (2008) 245008
- Grote, H.: The status of GEO 600. *Class. Quantum Grav.* **25** (2008) 114043
- Papa, M. A.: Progress towards gravitational-wave astronomy. *Class. Quantum Grav.* **25** (2008) 114009
- Ajith, P., Babak, S., Chen, Y., Hewitson, M., Krishnan, B., Sintès, A. M., Whelan, J. T., Brüggmann, B., Diener, P., Dorband, N., Gonzalez, J., Hannam, M., Husa, S., Pollney, D., Rezzolla, L., Santamaría, L., Sperhake, U., Thornburg, J.: Template bank for gravitational waveforms from coalescing binary black holes: Nonspinning binaries. *Phys. Rev. D* **77** (2008) 104017
- Abbott, B. and the LIGO Scientific Collaboration: Astrophysically triggered searches for gravitational waves: status and prospects. *Class. Quantum Grav.* **25** (2008) 114051
- McNamara, P., Vitale, S., Danzmann, K.: LISA Pathfinder. *Class. Quantum Grav.* **25** (2008) 114034
- Li, G., Yi, Zh., Heinzl, G., Rüdiger, A., Jennrich, O., Wang, L., Xia, Y., Zeng, F., Zhao, H.: Methods for Orbit Optimization for the LISA Gravitational Wave Observatory. *Int. J. Mod. Phys. D* **17** (2008) 1021–1042
- Friedrich, D., Burmeister, O., Bunkowski, A., Clausnitzer, T., Fahr, S., Kley, E.-B., Tünnermann, A., Danzmann, K., Schnabel, R.: Diffractive beam splitter characterization via a power-recycled interferometer. *Opt. Lett.* **33** (2008) 101–103
- Müller-Ebhardt, H., Rehbein, H., Schnabel, R., Danzmann, K., Chen, Y.: Entanglement of Macroscopic Test Masses and the Standard Quantum Limit in Laser Interferometry. *Phys. Rev. Lett.* **100** (2008) 013601
- Vahlbruch, H., Mehmet, M., Chelkowski, S., Hage, B., Franzen, A., Lastzka, N., Gößler, S., Danzmann, K., Schnabel, R.: Observation of Squeezed Light with 10-dB Quantum-Noise Reduction. *Phys. Rev. Lett.* **100** (2008) 033602

7.2 Konferenzbeiträge

Friedrich, D., Burmeister, O., Britzger, M., Bunkowski, A., Clausnitzer, T., Fahr, S., Kley, E.-B., Tünnermann, A., Danzmann, K., Schnabel, R.: Power-recycled michelson interferometer with a 50/50 grating beam splitter. *J. Phys.: Conf. Ser.* **122** (2008) 012018

Der Tagungsband zur „Seventh Edoardo Amaldi Conference on Gravitational Waves“ (Sydney, 8. - 14. Juli 2007), erschienen im Juni 2008 als Sonderband der Zeitschrift „Classical and Quantum Gravity“ (Vol. **25**, No. 11), enthält zahlreiche Beiträge von Mitarbeitern des Albert-Einstein-Instituts.

7.3 Populärwissenschaftliche und sonstige Veröffentlichungen

Schnabel, R., Müller-Ebhardt, H., Rehbein, H.: Verschränkte Spiegel – Ein realisierbares Gedankenexperiment. *Phys. in unserer Zeit* **39** (2008) 234–240

Peter Aufmuth