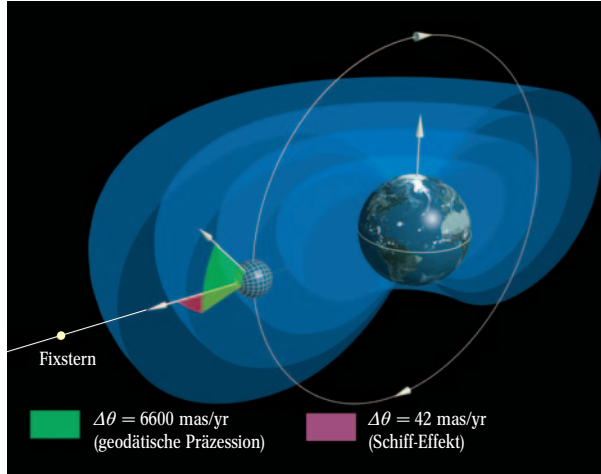


Kreisel testen Einstein

Gravity Probe B erfolgreich gestartet

1959, nur zwei Jahre nach dem Start von Sputnik 1, diskutierten Physiker erstmals die Möglichkeit, einen bislang noch nicht überprüften Effekt der Allgemeinen Relativitätstheorie



Gyroskope im freien Fall um die Erde verändern die Richtung ihrer Rotationsachse aufgrund der Wechselwirkung mit dem gravitomagnetischen Feld der rotierenden Erde (Schiff-Effekt) und der Bewegung im Newtonschen Gravitationsfeld der Erde (geodätische Präzession).

Dr. Hansjörg Dittus, Priv.-Doz. Dr. Claus Lämmerzahl, ZARM, Universität Bremen

mit Hilfe eines Satelliten-Experiments nachzuweisen: Hochgenaue Gyroskope sollten dabei das „Mitschleppen“ des inertialen Bezugssystems infolge der Rotation der Erde messen. Aus zunächst rein militärisch motivierten Untersuchungen zur Präzisionsnavigation erwuchs so ein Experiment der reinen Grundlagenphysik. Nach vielen Rückschlägen und immer wieder erzwungenen jahrelangen Verzögerungen brachte eine Delta II-Rakete den Satelliten, Gravity Probe B (GP-B) genannt,¹⁾ am 20. April diesen Jahres in die Umlaufbahn, 45 Jahre nach der ersten Idee.

Das Mitschleppen (frame-dragging) zeigt sich in einer Präzession der Drehachse von kräftefrei die Erde umkreisenden Gyroskopen in Bezug auf die feste Richtung weit entfernter Sterne (Abb.). Dies ist eine Folge des gravitomagnetischen Feldes der Erde, eine Konsequenz der Einsteinschen Feldgleichung, die analog zum Magnetfeld einer homogen elektrisch geladenen, rotierenden Kugel auftritt. Die Besonderheit dieses gravitomagnetischen Feldes besteht darin, dass es keine Entsprechung in der Newtonschen Gravitationstheorie besitzt und damit zu reinen Effekten der Einsteinschen Gravitationstheorie führt. Die

erste wissenschaftliche Publikation dazu veröffentlichte 1960 Leonard I. Schiff (Stanford University), nach dem dieser Effekt auch benannt wurde (Schiff-Effekt).²⁾

Gravity Probe B soll nun den Schiff-Effekt mit einer Präzision von besser als 0,5 % messen. Dabei wird die Richtungsänderung der Drehachse von frei fliegenden Gyroskopen ausgemessen, die nach Einstein um 42 Milli-Bogensekunden pro Jahr (mas/y) betragen soll, wobei dieser Effekt noch von der konkurrierenden geodätischen Präzession von 6600 mas/y separiert werden muss (Abb.).³⁾

Anfang der Sechzigerjahre schien eine solche Messgenauigkeit von Gyroskopen noch unerreichbar zu sein. Doch schon bald wurden Realisierungsmöglichkeiten diskutiert. 1974 stellte die Arbeitsgruppe von William Fairbank vom W. W. Hansen Experimental Physics Laboratory (Stanford University), welches das GP-B-Projekt leitet, das erste Gesamtkonzept vor. Die NASA förderte das Unternehmen zunächst auf niedrigem Niveau, später wurde es als zukünftige Spaceshuttle-Mission geführt, was jedoch nach der Challenger-Katastrophe 1986 hinfällig wurde. Ab 1993 unterstützte die NASA GP-B schließlich in vollem Umfang als Satelliten-Mission. In den letzten Jahren sah es allerdings gar nicht gut aus dieses nicht



Francis Everitt

enden wollende Projekt aus. 1999 gab es eine dramatische Panne, bei der sich eine thermische Isolierung zwischen der auf kryogenen Temperaturen gehaltenen Experimentierkammer und dem Teleskop während des kritischen „Payload Integration Test“ als fehlerhaft erwies. In einer beispiellosen Aktion gelang es jedoch, dieses Problem innerhalb von zwei Jahren zu lösen. Dabei wurde das Projekt auch schon vorher immer wieder wegen angeblich überbordender Kosten in Frage gestellt. Die Gesamtinvestitionen betragen über 700 Millionen US-Dollar.

Auch Zeitdruck stellt sich ein, da in der Zwischenzeit mittels der LAGEOS-Satelliten der Lense-Thirring-Effekt nachgewiesen werden konnte – allerdings nur mit einer Genauigkeit von 20 %. Auch danach gab es weitere technische Probleme. Nachdem bei einem der letzten Tests ungefähr zwei Wochen vor dem im November 2003 geplanten Start noch Probleme mit der Elektronik auftraten, musste dieser erneut verlegt werden. Und auch am 19. April 2004 brachen die Verantwortlichen den Countdown vier Minuten vor dem Start wegen unkalulierbarer Höhenwinde aus Sicherheitsgründen ab. Auf Grund der extremen Präzisions-Anforderungen an die Satelliten-Bahn betrug das tägliche Startfenster nur eine Sekunde. Doch einen Tag später hob GP-B erfolgreich von der Vandenberg Air Force Base in Kalifornien ab. Den Initiatoren war es leider nicht mehr vergönnt, diesen Start zu erleben:

KURZGEFASST...

■ Stipendiat – und dann?

Die Deutsche Forschung-Gemeinschaft (DFG) ließ in einer groß angelegten Studie ehemalige DFG-Stipendiaten über ihre Erfahrungen während der Stipendienzeit und die weitere berufliche Entwicklung befragen. Die Befragten stammten überwiegend aus den Natur- bzw. Lebenswissenschaften (jeweils 36 %). Ein wichtiges Ergebnis der Studie: Die Abwanderung von Jungwissenschaftlern ins Ausland ist zumindest quantitativ weniger schlimm als allgemein angenommen. Umfangreiches Material zur Studie findet sich unter www.dfg.de/zahlen_und_fakten/stip2004.html

■ Großprojekte für Nanoelektronik

Im einem neuen vom BMBF geförderten Projekt sollen Industrie und Forschungsinstitute kooperieren, um neue Abbil-

dungsmethodiken für nanoelektronische Bauelemente zu entwickeln. Dafür stehen in den nächsten vier Jahren insgesamt rund 80 Millionen Euro zur Verfügung. Im Projekt Nanocosmos, welches das BMBF in der ersten 27 Monaten mit 24 Millionen Euro fördert, geht es darum, komplexere und leistungsfähigere Halbleitertechnologien zu entwickeln, etwa durch verbesserte Materialien oder Bauelementarchitekturen.

■ Neues Zentrum für Teilchenphysik

An der Universität Karlsruhe wurde am 17. Mai das „Centrum für Elementarteilchenphysik und Astroteilchenphysik“ (CETA, www.ceta.uni-karlsruhe.de) eingeweiht. An den Projekten des Zentrums sind etwa 150 Wissenschaftler beteiligt. CETA wird im Rahmen der Verbundforschung vom BMBF, der DFG und der EU gefördert.

1) Gravity Probe A (GP-A) war ein 1978 durchgeführter Raketentest zum präzisen Nachweis der gravitativen Rotverschiebung.

2) Auch der Lense-Thirring-Effekt, die Präzession der Bahnebene von Satelliten, lässt sich auf die Rotation der Erde zurückführen. Allerdings kann das gravitomagnetische Feld nur mit Kreiselexperimenten (zumindest im Prinzip) lokal ausgemessen werden.

3) H. Dittus, C. W. F. Everitt, C. Lämmerzahl und G. Schäfer, Die Gravitation im Test, Physikalische Blätter, November 1999, S. 39

Leonard Schiff verstarb bereits 1971, William Fairbank 1989.

Der erfolgreiche Start von GP-B ist vor allem der Vision, dem politischen Geschick, der Hartnäckigkeit und der Ausdauer von Francis Everitt zu verdanken, der bereits 1962 nach Stanford kam und seit 1981 Leiter des Projekts ist. Er hat GP-B insgesamt sieben Mal nach diversen Absagen zu neuem Leben verholfen und wurde nie müde, auf die ungeheure Bedeutung schwieriger Experimente für die technologische Entwicklung und als Ansporn zu großer Kreativität hinzuweisen. In der Tat sind nur mit den für GP-B entwickelten Technologien (z. B. zur Präzisions-Lageregelung von Satelliten und zur Kryogenik) Projekte wie LISA zur satellitengestützten Beobachtung von Gravitationswellen sowie STEP zum Test des

Äquivalenzprinzips möglich.

Die Gravity Probe B-Mission wird insgesamt ca. 18 Monate dauern. Die ersten Wochen im Orbit sind den Kalibrationstests der Präzisions-Lageregelung und der Gyroskope vorbehalten. Während der folgenden 12 Monate soll GP-B die eigentlichen Messdaten, d. h. die Richtungen der Drehachsen der Gyroskope in Bezug auf das immer auf denselben Fixstern ausgerichtete Teleskop, aufnehmen. Mindestens zweimal am Tag können diese Daten vom Satelliten auf die Bodenstationen übertragen werden. Nach dem Abschluss der Mission gegen Ende 2005 ist ein weiteres Jahr für die Datenauswertung angesetzt – eine Kleinigkeit angesichts der Vorbereitungszeit.

HANSJÖRG DITTUS UND
CLAUS LÄMMERZAHN

USA

Schlechte Aussichten für zivile Forschung

Sollte US-Präsident Bush seine Haushalts- und Steuerpläne verwirklichen, dann werden die zivilen Forschungs- und Entwicklungsausgaben aller Behörden in den kommenden fünf Jahren sinken. Diese Prognose gibt die American Association for the Advancement of Science (AAAS) in einer jüngst veröffentlichten Studie.¹⁾ Obwohl das Defizit im laufenden Haushaltsjahr voraussichtlich bei 521 Mrd. \$ liegen wird, hält Bush an seinen Plänen für eine Steuererleichterung von 1100 Mrd. \$ über die nächsten zehn Jahre fest. Zugleich will er das Haushaltsdefizit in den kommenden Jahren durch Sparmaßnahmen reduzieren. Dies könnte, der AAAS-Studie zufolge, gravierende Folgen für die staatliche Forschungsförderung haben. Zwar sollen die F&E-Ausgaben von 126,5 Mrd. \$ in diesem Jahr auf 141,6 Mrd. \$ im Jahr 2009 ansteigen. Doch der Zuwachs konzentriert sich auf die Ausgaben für die Verteidigung, den Heimatschutz und das Weltraumprogramm. Nimmt man die NASA und das Heimatschutzministerium aus, so sinken die zivilen Ausgaben bis 2009 inflationsbereinigt um 6,7 %. Die militärischen F&E-Ausgaben würden hingegen bis 2009 um 5,8 % auf den Rekordwert von 81 Mrd. \$ anwachsen. Auch die NASA kann einen kräftigen realen Zuwachs um 21,9 % auf 14,4 Mrd. \$

erwarten. Doch diese Mittel werden für Bushs neues Weltraumprogramm benötigt. Die Ausgaben für die Geowissenschaften, die Aeronautik sowie für die physikalische und die biologische Forschung werden um 12 bis 16 % gekürzt. Die National Institutes of Health und die National Science Foundation werden 2009 knapp 6 bzw. 5 % weniger Geld haben als im laufenden Jahr. Besonders dramatische Einschnitte bei den F&E-Ausgaben drohen dem Department of Energie (DOE), dessen Office of Science 9,5 % weniger erhalten würde. Die DOE-Programme zur Erforschung, Sicherung und Einsparung von Energieressourcen würden um bis zu 25 % gekürzt werden. Die Studie zieht den Schluss, dass die Pläne der Bush-Regierung die Ausgabenzuwächse wieder zunichte machen würden, die die zivile Forschung und Entwicklung während der letzten Jahre verbuchen konnten.

Strategischer Plan für die Astrophysik

Vor zwei Jahren hatte der National Research Council in dem Report „Connecting Quarks with the Cosmos“ die grundlegenden Fragen benannt, vor denen Physiker und Astronomen bei der Erforschung des Universums stehen.²⁾ Die Anstrengungen, die seither zur Beantwortung dieser Fragen gemacht wurden, hat jetzt eine Gruppe von