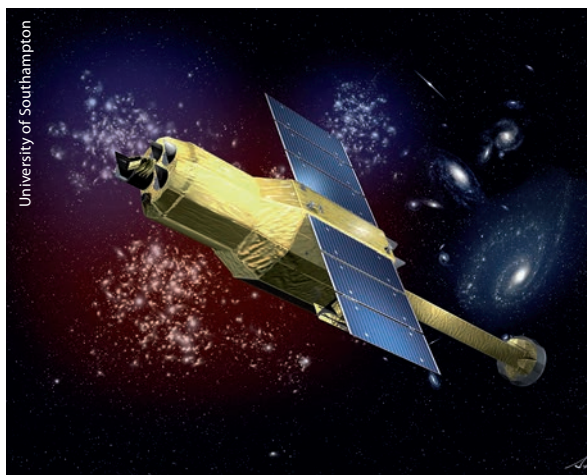


■ Japans Röntgenauge

Der Satellit Astro-H/Hitomi ist erfolgreich gestartet.



Der Röntgensatellit mit ausgefahrener optischer Auslegerbank

Am 17. Februar wurde das Röntgen-Weltraumobservatorium Astro-H/Hitomi („Auge“) erfolgreich in seine vorgesehene Umlaufbahn gebracht. Es ist das modernste und – seit den 1999 gestarteten Satelliten Chandra und XMM-Newton – auch das größte Instrument für die Beobachtung kosmischer Röntgenstrahlung. Hinter dem Projekt steht eine interna-

tionale Kollaboration unter Leitung der japanischen Raumfahrtagentur JAXA mit Beteiligung von NASA und ESA sowie über 200 Wissenschaftlern aus 60 Forschungseinrichtungen in Japan, Nordamerika und Europa.

Astro-H hatte zwei Vorgänger, die 2000 und 2005 wegen eines Raketenproblems bzw. Fehlern im Kühlsystem nicht in Betrieb gehen konnten. Nun lief alles glatt und am 29. Februar wurde mit dem Ausfahren eines 12 Meter langen Auslegers und dem Erreichen der Betriebstemperatur der Detektorkühlung die „kritische Operationsphase“ erfolgreich abgeschlossen. Nach einer mehrmonatigen Phase eingehender Instrumententests sollen die wissenschaftlichen Beobachtungen beginnen. Als Betriebsdauer sind drei Jahre geplant. Die Kollaboration hat weltweit Astronomen aufgefordert, Anträge auf Beobachtungszeit zu stellen. Die erhobenen Daten stehen ihnen dann ein Jahr

zur Verfügung und werden danach (wie bei NASA und ESA üblich) frei zugänglich.

Der Satellit besitzt Detektoren für einen sehr weiten Wellenlängen- bzw. Energiebereich, von relativ niederenergetischen Photonen mit 300 eV bis zu weicher Gammastrahlung von rund 600 keV. Herzstück der Anlage ist ein „Tiefkühlspektrometer“ mit 36 Pixeln, das mit flüssigem Helium auf nur 0,05 K gehalten wird. Eintreffende Photonen erwärmen das getroffene Pixel minimal, was elektronisch registriert wird und eine Messgenauigkeit von einem Promille ermöglicht. Damit lassen sich neben Punktquellen auch ausgedehnte Objekte wie Galaxienhaufen spektroskopisch untersuchen. Die ESA plant für die 2020er-Jahre ein Röntgenteleskop mit dem vorläufigen Namen „Athena“, das eine verbesserte Version dieser kryogenen Spektrometertechnologie mit sich tragen soll.

Matthias Delbrück

USA

Gemischter Forschungshaushalt

US-Präsident Obama hat den letzten Haushaltsentwurf seiner Amtszeit vorgelegt. Nach dem kürzlich verabschiedeten Haushalt 2016,

der für die Forschung durchaus positiv ausfiel,¹⁾ ist der Entwurf für 2017 eher durchwachsen, wobei die physikalische Forschung noch recht gut abschnidet. Auf den ersten Blick bekämen fast alle Forschungsagenturen deutlich mehr Geld als im vergangenen Jahr. Doch einen Teil der zusätzlichen Mittel will die Regierung über den „Pflichthaushalt“ (Mandatory Spending) verbuchen, statt wie üblich über den „Ermessenshaushalt“ (Discretionary Spending), für den im kommenden Haushaltsjahr eine strikte Ausgabenobergrenze gilt. Diese Obergrenze lässt sich zwar überschreiten, doch die Regierung wäre dabei auf die Zustimmung des Kongresses angewiesen, die angesichts der Mehrheit der Republikaner sehr fraglich ist. Der um diese unsicheren Posten bereinigte Haushaltsentwurf zeigt bei den For-

schungsausgaben des Department of Energy (DOE) und des National Institute of Standards and Technology (NIST) deutliche Zuwächse, bei der National Science Foundation (NSF) eine geringe Zunahme und bei den Forschungsausgaben der NASA sogar einen deutlichen Rückgang (Tabelle).

Großer Gewinner bei der DOE-Forschung ist die Advanced Research Projects Agency-Energy (ARPA-E), deren Wünsche der Haushaltsentwurf in vollem Umfang erfüllt. Der große Verlierer ist, wie schon im laufenden Haushalt, die Fusionsforschung, deren Mittel erneut dezimiert würden. Für ITER, den International Thermonuclear Experimental Reactor, sind allerdings 125 Millionen Dollar vorgesehen und damit 10 Millionen mehr als im aktuellen Haushalt. Im Bereich der Basic Energy Sciences

1) Physik Journal, Februar 2016, S. 14

Für den US-Haushalt 2017 beantragte Forschungsmittel		
Mittlempfänger	Entwurf 2017 (in Mio. \$)	Vergl. zu Ausgaben in 2016
DOE Office of Science	5572	+4,2 %
Hochenergiephysik	818	+2,9 %
Kernphysik	636	+3,0 %
Biologie & Umwelt	662	+8,7 %
Basic Energy Sciences	1937	+4,7 %
Fusionsforschung	398	-9,1 %
Advanced Scientific Comp.	663	+6,8 %
ARPA-E	350	+20,3 %
NSF	7564	+1,3 %
Forschung	6078	+0,8 %
NIST	1015	+5,2 %
Forschung und Service	731	+5,9 %
NASA	18262	-5,3 %
Wissenschaft	5303	-5,1 %
Erkundung	3164	-21,5 %

wird das Upgrade der Linac Coherent Light Source am SLAC National Accelerator Laboratory weiter finanziert, in der Hochenergiephysik gibt es mehr Geld für das in Bau befindliche Muon to Electron Conversion Experiment am Fermilab sowie für die Long Baseline Neutrino Facility, deren Bau 2017 beginnen soll. In der Kernphysik schließlich kann der Bau der Facility für Rare Isotope Beams (FRIB) an der Michigan State University planmäßig weitergehen, das Upgrade der Continuous Electron Beam Accelerator Facility (CEBAF) am Jefferson Lab kann abgeschlossen werden und der Relativistic Heavy Ion Collider (RHIC) in Brookhaven bekommt mehr Geld für die Forschung in der Spinphysik und für die Untersuchung neuer Phänomene im Quark-Gluon-Plasma.

Die NSF bildet Schwerpunkte bei der Förderung der Quanteninformationswissenschaft und der Forschung in Optik und Photonik. Außerdem wird der Bau des Large Synoptic Survey Telescope weiter finanziert. Bei den für die NASA beantragten Mitteln gibt es in einigen Bereichen empfindliche Abstriche, so für das James Webb Space Telescope (-8,2 %), das im Herbst 2018 starten soll, für die Planetologie (-14,7 %) und für die Astrophysik (-4,7 %), während die Geoforschung um 2,7 % zulegt.

Hoch oder schwach angereichert?

Hochangereichertes Uran (HEU) wird weltweit noch immer in zahlreichen zivilen Forschungsreaktoren genutzt. Der derzeitige Bestand an HEU beträgt 60 Tonnen, was für den Bau von rund

tausend Atombomben ausreichen würde. Fiele solches Material in die Hände von Terroristen oder „Schurkenstaaten“, so ginge davon eine unabsehbare Gefahr aus. Deshalb bemühen sich die USA und andere Staaten seit 1978 darum, dass zivile Reaktoren auf schwach angereichertes Uran (LEU) umgerüstet werden, dessen Gehalt an spaltbarem U-235 unter 20 Prozent liegt.²⁾ Während der Brennstoff in zivilen Kernkraftwerken einen U-235-Gehalt von etwa vier Prozent besitzt, liegt dieser in vielen Forschungsreaktoren bei bis zu 90 Prozent.

Ursprünglich hatte man angenommen, die Transformation von HEU auf LEU bis 2018 abschließen zu können. Doch eine Studie der National Academies kommt zu dem Schluss, dass sich HEU wohl erst 2035 gänzlich eliminieren lässt.³⁾ Seit der letzten Studie von 2009 wurden 28 HEU nutzende Reaktoren entweder stillgelegt oder auf LEU umgerüstet. Doch das waren eher unproblematische Fälle. Es bleiben indes weltweit 74 Reaktoren, bei denen die Umrüstung noch aussteht. Diese meist schon mehrere Jahrzehnte alten Reaktoren erfüllen viele wichtige Aufgaben, von der materialwissenschaftlichen Forschung über die Produktion medizinischer Isotope bis zur Bestrahlung von Patienten. Der dafür nötige starke Neutronenfluss lässt sich mit LEU oftmals nur schwer erzielen, da er auf einer hohen Konzentration von U-235 beruht. Deshalb sucht man intensiv nach alternativen Brennstoffen, bei denen z. B. Körnchen oder Streifen einer Legierung aus Uran und Molybdän in Aluminium eingebettet sind. Doch die Entwicklung dieser „dispersiven“ bzw. „monolithischen“ LEU-Brennstoffe wird laut Studie noch mindestens 12 Jahre erfordern.

Neben technischen gibt es auch politische Probleme. So hat für die russische Regierung die Umrüstung ihrer 32 Forschungsreaktoren offenbar keine hohe Priorität. Die Studie empfiehlt daher eine bessere Zusammenarbeit mit Russland. Außerdem sollte die Entwicklung von dispersiven Brennstoffen in Europa, Südkorea und Russland ge-

nau beobachtet und ihr möglicher Einsatz in den US-Forschungsreaktoren untersucht werden, falls sich die Entwicklung monolithischer Brennstoffe in den USA verzögert. Bis geeigneter LEU-Brennstoff in den USA verfügbar ist, könnte man dort 20 Tonnen vorhandenes kernwaffenfähiges Uran mit einem U-235-Gehalt von 93 auf 45 Prozent abreichern. Diese Empfehlung stieß auf vehemente Kritik, da sie ein zwiespältiges Signal aussendet, wonach der Handel mit HEU weiterlaufen würde.

Ziviles Plutonium

Nach 28 Jahren wurde am Oak Ridge National Laboratory erstmals wieder Plutonium produziert. Dieses benötigt die NASA dringend, um ihre Raumsonden im sonnenfernen Weltraum mit elektrischer Energie zu versorgen. Die beim Zerfall von Plutonium-238 entstehende Wärme wird in Radionuklidbatterien in elektrische Energie umgewandelt. Der „Multi-Mission Radioisotope Thermoelectric Generator“ enthält jeweils vier Kilogramm Plutonium und erzeugt eine elektrische Leistung von 110 Watt. Solch eine „Atombatterie“ versorgt beispielsweise den Mars-Rover „Curiosity“. Die Bemühungen der NASA um eine Alternative, die mit wesentlich weniger Plutonium auskommt, wurden wegen Haushaltskürzungen eingestellt.

2011 hatte der US-Kongress der NASA und dem Department of Energy (DOE) die für die Plutoniumherzeugung nötigen Mittel bewilligt.⁴⁾ Jetzt konnte das DOE die Produktion einer golfballgroßen Menge Plutonium-238 mit einem Gewicht von 60 Gramm vermelden. Das DOE plant, zukünftig 1,5 Kilogramm Plutonium pro Jahr herzustellen. Damit ließen sich die schwindenden Plutoniumvorräte von gegenwärtig 35 Kilogramm auffrischen, die die USA für zivile Zwecke bereithalten. Die Größe der militärischen Plutoniumreserve ist dagegen geheim.

Rainer Scharf

2) Physik Journal, Januar 2014, S. 13

3) www.nap.edu/catalog/21818

4) Physik Journal, August/Sept. 2011, S. 13

ERRATUM

Zu: K. Sonnabend, Datenautobahn im All, Physik Journal, März 2016, S. 7

Die Firma Tesat Spacecom baut die Laserterminals für EDRS. Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt investierte insgesamt etwa 280 Millionen Euro im Bereich der Laserkommunikation.