

wählen kann. Schließlich verpflichtet sich Europa auch, künftig einen japanischen Standort für das erste kontinuierlich arbeitende Fusionskraftwerk DEMO zu unterstützen, das als Vorstufe zu kommerziellen Kraftwerken gegen Ende der Betriebszeit von ITER gebaut werden könnte.

In Deutschland sind vor allem das Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) sowie die Forschungszentren Jülich und Karlsruhe in die Entwicklung von ITER eingebunden. So führt das IPP, eines der größten Fusionszentren in Europa, am Experiment ASDEX Upgrade seit Jahren Vorarbeiten für ITER durch. Am Forschungszentrum Karlsruhe werden Teile für die Heizung des Plasmas entwickelt, die Testanlage TOSKA für supraleitende Spulen betrieben und der Brennstoffkreislauf untersucht. Im Tritiumlabor gehen die Wissenschaftler dort der Frage nach, wie das instabile Tritium im Fusionsreaktor selbst mithilfe der Neutronen aus Lithium erbrütet werden kann. Im Forschungszentrum Jülich schließlich wird mit TEXTOR ebenfalls ein Fusionsexperiment betrieben, an dem für ITER relevanten Themen untersucht werden.

Nach der ersten Euphorie angesichts der Standortentscheidung meldeten sich bereits im Juli auch kritische Stimmen. So nannte der ehemalige französische Forschungsminister Claude Allegre ITER „ein Prestigeobjekt mit geringen Chancen auf Erfolg“. Der französische Physik-Nobelpreisträger von 1991 Pierre-Gilles de Gennes teilt Allegres Befürchtung, dass ITER Geld von wichtigeren Projekten abziehen wird. In diesen Chor stimmte Edouard Brezin, Physiker und Präsident der Academie de Sciences, ein: „Die Erschöpfung der fossilen Energiequellen und die Klimaerwärmung sind drängende Probleme, die sofort Maßnahmen erfordern. ITER darf nicht als Alibi dienen.“ Es bedürfe eines besonderen Optimismus, um sich vorzustellen, dass die Kernfusion in weniger als 50 Jahren verfügbar sein wird. Janez Potocnik hingegen zeigte sich optimistisch, dass „ITER uns auf dem Weg zu sicherer, sauberer Energie im Überfluss weiter voranbringen wird“.

STEFAN JORDA

## Laserblitze für die Nanowelt

Mit einem symbolischen Knopfdruck startete Bundeskanzler Gerhard Schröder Anfang August den Nutzerbetrieb des Freie-Elektronen-Lasers VUV-FEL am Hamburger Elektronen-Synchrotron DESY. Dieser weltweit erste FEL für den Spektralbereich des Vakuum-Ultraviolett erzeugt kohärente Strahlung einer Wellenlänge von 6 bis 30 Nanometer mit Pulsauern von 10 bis 50 Femtosekunden. Verglichen mit Synchrotronstrahlungsquellen ist seine Spitzenleuchstärke um einen Faktor  $10^7$  höher. „Diese Laserblitze ermöglichen völlig neue Einblicke in die Nanowelt“, sagt DESY-Forschungsdirektor Jochen Schneider.

Der VUV-FEL ist hervorgegangen aus einer Testanlage für die Technologie eines supraleitenden Linearbeschleunigers, die bei DESY von der internationalen TESLA-Kollaboration entwickelt wurde. Vor fünf Jahren konnten die Wissenschaftler damit erstmals zeigen, dass sich UV-Strahlung mit einem Freie-Elektronen-Laser erzeugen lässt. Ein 260 Meter langer Linearbeschleuniger aus supraleitenden Niob-Kavitäten beschleunigt in dem FEL Elektronen auf eine Energie von derzeit rund 445 MeV (entsprechend einer Wellenlänge von 30 nm), bevor sie eine 30 Meter lange periodische Magnetanordnung, sog. Undulatoren, durchlaufen. Darin werden die Elektronen auf gekrümmte Bahnen gezwungen, wodurch sie Lichtblitze abstrahlen, die sich nach dem SASE-Prinzip kohärent überlagern. Am Ausgang des Undulators entstehen dadurch kurzweilige, intensive Laserblitze, mit denen Wissenschaftler beispielsweise „chemische Reaktionen ‚filmen‘ können“, erläutert Jochen Schneider. An den fünf Messplätzen sind auch bahnbrechende Experimente in der Cluster-, Festkörper- und Oberflächenphysik sowie der Plasmaforschung und Molekularbiologie zu erwarten. Bereits jetzt haben über 200 Wissenschaftler aus 11 Ländern 29 Forschungsprojekte an der neuen Strahlungsquelle geplant.

Die Kosten des VUV-FEL belaufen sich auf 117 Millionen Euro, von denen der Bund 95 Millionen, die Stadt Hamburg 9 Millionen und

ausländische Partner 13 Millionen übernommen haben. Sein Betrieb soll auch wichtige Erkenntnisse liefern für den auf der gleichen Technologie basierenden, aber mit 3,4 Kilometer Länge deutlich größeren



Röntgenlaser XFEL, der ab nächstem Jahr in Hamburg gebaut werden soll und ab 2012 Laserblitze mit Wellenlängen bis herunter zu 0,085 Nanometer liefern wird. (SJ)

Bundeskanzler Gerhard Schröder mit DESY-Chef Albrecht Wagner (links) und Forschungsdirektor Jochen Schneider (rechts). (Foto: DESY)

## Blick ins kalte Universum

Das APEX-Teleskop (Atacama-Pfadfinder-Experiment)<sup>\*)</sup> hat Mitte Juli nach rund dreijähriger Bauzeit in Chile seinen Betrieb aufgenommen. APEX dient der Himmelsbeobachtung im Submillimeter-Bereich bei Wellenlängen von 0,2 bis 1,5 Millimeter. Normalerweise absorbiert der Wasserdampf in der Erdatmosphäre einen Großteil dieser Strahlung. Daher wurde APEX in 5100 Meter Höhe im Norden Chiles in der Atacama-Wüste errichtet, einem der trockensten Plätze auf der Erde. Dort bieten sich hervorragende Beobachtungsbedingungen für den bislang wenig erforschten Spektralbereich zwischen Infrarot- und Mikrowellenstrahlung.

Die Lage von APEX auf der Südhälfte der Erde ist besonders vorteilhaft, denn einige der interessantesten Quellen für Submillimeterstrahlung sind am besten oder nur vom Südhimmel aus zu beobachten, wie z. B. das Galaktische Zentrum, die Magellanschen Wolken und Centaurus A, die uns am nächsten liegende Galaxie mit einem aktiven Kern.

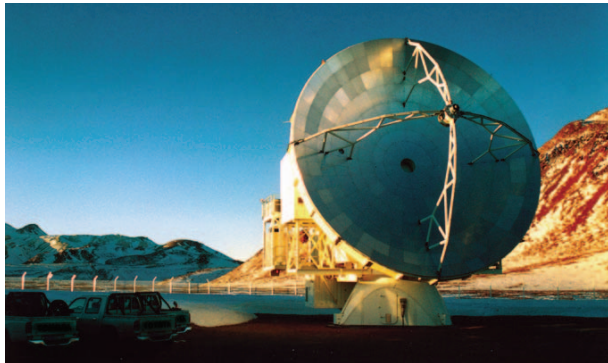
Die ersten Beobachtungsergebnisse mit APEX zeigen, dass damit eine fast ungehinderte Sicht auf Sternentstehungsgebiete und Galaxienkerne möglich ist. Karl Menten, Direktor der Gruppe für Submilli-

<sup>\*)</sup> [www.apex-telescope.org/](http://www.apex-telescope.org/)

#) vgl. Physik Journal, April 2005, S. 10

meter-Astronomie am Max-Planck-Institut für Radioastronomie in Bonn, ist begeistert über die ersten Spektren: „Diese eröffnen einen faszinierenden Blick auf sehr komplexe organische Chemie in der Nähe von neu entstehenden Sternen.“

Ein Großteil der von neugeborenen massereichen Sternen freigesetzten Strahlung wird sofort durch die staubigen Wolken absorbiert, die sie umgeben. Deshalb sind selbst die leuchtkräftigsten sog. Starburst-Galaxien, die eine besonders hohe



**APEX, das derzeit leistungsfähigste erdgebundene Instrument zur Erforschung der Sternentstehung, hat in der chilenischen Atacama-Wüste seinen Betrieb aufgenommen. Die 12 Meter große Spiegeloberfläche weicht nur um 17 Tausendstel Millimeter von der idealen Parabolform ab. (Foto: A. Belloche/MPIfR)**

Sternentstehungsrate ausweisen, schwer im optischen Spektrum zu beobachten. Die absorbierte Strahlung wird allerdings vom Staub als Infrarotstrahlung wieder abgegeben, die jedoch nicht die Erdatmosphäre passieren kann. Für sehr entfernte Objekte wird diese Strahlung an den Rand des Submillimeter-Spektrums verschoben: Sie lässt sich nur an wenigen Standorten, wie der Atacama-Wüste, von der Erde aus beobachten. Mit einer für das APEX-Teleskop neu entwickelten Bolometer-Kamera soll ein zentrales Instrument für solche Beobachtungen zur Verfügung stehen: Sie ist ideal, um die Lage und Verteilung der entferntesten, in der Frühzeit des Universums entstanden Galaxien zu ermitteln und zu kartieren.

„Normalerweise wendet man sich mit neuen Instrumenten erst nach längerer Betriebszeit der schwierigeren Beobachtung von schwachen extragalaktischen Objekten zu“, betont Menten, „doch mit APEX können wir solche Objekte praktisch von Anfang an untersuchen.“

Finanziert wird das APEX-Projekt, das mit insgesamt 25 Millionen Euro zu Buche schlägt, durch das MPI für Radioastronomie (50 %), die Europäische Südsternwarte

(ESO) (27 %) und das schwedische Onsala Space Observatory (OSO) (23 %). Die drei Partner teilen sich entsprechend die Beobachtungszeit, wobei 10 Prozent dieser Zeit für chilenische Astronomen kostenlos zur Verfügung stehen.

Mit seinem Namen weist sich APEX als „Pfadfinder“ für das ALMA-Projekt<sup>#)</sup> aus. ALMA (Atacama Large Millimeter Array) wird mit seinen vielen 12-Meter-Antennen das weltgrößte Radioteleskop sein und soll am Ende dieses Jahrzehnts in Betrieb gehen. (AP)

## „Wir brauchen unser Saatgut auf“

### Hilfeschrei der deutschen Weltraumforscher

Seit eineinhalb Jahren – weitaus länger als ursprünglich geplant – erkunden die beiden Marsrover Spirit und Opportunity die Marsoberfläche. Mit an Bord ist ein Instrument deutschen Ursprungs: Das in Mainz am Max-Planck-Institut für Chemie sowie an der Universität entwickelte APX-Spektrometer (Alpha Particle X-Ray) liefert aufregende Daten über die chemische Zusammensetzung des Roten Planeten und Beweise für dessen wasserreiche Vergangenheit. Auch die hochauflösende Stereokamera HRSC an Bord der europäischen Mission Mars Express, die seit Anfang letzten Jahres spektakuläre Fotos von der Marsoberfläche liefert, trägt das Siegel Made in Germany: Entwickelt wurde sie am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR). Angesichts dieser Erfolge mag es überraschen, dass deutsche Weltraumforscher Ende Juni in einem öffentlichen „Hilfeschrei an die Politik“ Alarm geschlagen haben. Die noch gute Wettbewerbsposition der deutschen Weltraumforschung beruhe im Wesentlichen auf den Investitionen der Vergangenheit: „Jetzt sind wir dabei, unser Saatgut aufzubrauchen“, heißt es in dem von Günther Hasinger initiierten Brief, den über 50 deutsche Hochschullehrer und Institutsdirektoren unterzeichnet haben.<sup>§)</sup>

Die Forscher beklagen sich in dem Brief über „dramatische“ Mittelkürzungen im vergangenen Jahrzehnt, angesichts derer die Grundlagenforschung im deutschen Weltraumprogramm derzeit mit dem Rücken zur Wand stehe. Die über

Jahrzehnte aufgebaute wissenschaftliche Exzellenz und internationale Spitzenstellung könne in kürzester Zeit zerstört werden. „Wenn die Entwicklung so weitergeht, können wir in fünf Jahren einpacken“, bringt es Hasinger, Direktor am Max-Planck-Institut für Extraterrestrische Physik in Garching, auf den Punkt. Die Ausgaben für das nationale Weltraumprogramm stiegen bis 1990 kontinuierlich an und lagen etwa gleichauf mit den Ausgaben für das Wissenschaftsprogramm der ESA. Seither sind die ESA-Ausgaben aufgrund langfristiger internationaler Verträge deutlich gewachsen, die nationalen Ausgaben aber kontinuierlich um zwei Drittel zurückgegangen. Während die nationalen Ausgaben 2001 nur noch die Hälfte der ESA-Ausgaben betragen, lag dieses Verhältnis in Frankreich bei fast einem Faktor 2, in Italien bei fast 1,5. Daher sei Deutschland nicht mehr in der Lage, sich dem deutschen ESA-Anteil entsprechend an national finanzierten Instrumenten sowie deren wissenschaftlicher Auswertung zu beteiligen. So beklagen z. B. Klimaforscher, dass keine ausreichenden Mittel zur Verfügung stehen, um die Daten des Erdbeo-



**Das in Mainz entwickelte APX-Spektrometer befindet sich am Arm der Marsrover Spirit und Opportunity. (Foto: NASA)**

bachtungssatelliten Envisat nutzen zu können.

Diese finanzielle Schieflage führe auch dazu, dass in Deutschland entwickelte Spitzentechnologie zu den internationalen Wettbewerbern abwandert. So wird das als „Schnüffelnase“ bekannte APX-Spektrometer inzwischen für die nächste NASA-Mission zum Mars von der kanadischen Raumfahrtagentur finanziert. Einher geht das auch mit dem vielbeklagten Brain Drain: Nachdem die Max-Planck-Gesellschaft die Abteilung Kosmochemie ihres Mainzer Instituts geschlossen und der APX-Mit-

§) Der Brief, der bereits vor Monaten an das Bundesministerium für Bildung und Forschung sowie an Bundestagsabgeordnete geschickt worden war, ist auf [www.mpe.mpg.de/~ghasinger/](http://www.mpe.mpg.de/~ghasinger/) zu finden.