

allerletzten Flug eines Space-Shuttles abheben, sodass die amerikanischen ISS-Besatzungsmitglieder künftig einzig und allein auf die russischen Sojus-Kapseln angewiesen sind. So lange, bis die aufstrebenden neuen Raumfahrtunternehmen, allen voran die Firma SpaceX von Paypal-Mitbegründer Elon Musk, diese Aufgabe im Auftrag der NASA übernehmen können.

Größere Nutzlasten sind zunächst den europäischen ATV- und den japanischen HTV-Frachtern vorbehalten. Dies ist allerdings eine Einbahnstraße, denn die Astronauten können lediglich die entladenen Cargo-Raumschiffe mit dem Abfall der Station füllen, um sie dann als „Mülltonne“ beim Wiedereintritt in die Erdatmosphäre mitsamt Inhalt zu verbrennen.

Für zwei der Experimente mit deutscher Beteiligung ist dies allerdings kein Problem, sie sind nicht auf eine Rückkehr ausgelegt. Eines davon, das erste naturwissenschaftliche auf der ISS überhaupt, ist eine Kooperation mit Russland, das Plasmakristall-Experiment „PKE Nefedov“. Den Transport dorthin übernahm einer der bewährten, aber recht kleinen Progress-Frachter, auf gleichem Wege wurde es nach seiner Beendigung entsorgt. „Mittlerweile haben wir den Nachfolger PK-3-Plus im Einsatz, es misst bis nächstes Jahr“, erzählt Markus

Thoma vom Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik in Garching, der leitende Projektwissenschaftler für das Nachfolgeprojekt PK-4. 2013/14 startet dann PK-4 zur ISS, ebenfalls per Progress vom russischen Weltraumbahnhof Baikonur aus. Astronauten bedienen die rund 50 Kilogramm schwere Apparatur, die in einem der Module der Station untergebracht ist, „Telescience“ gibt es nicht. Die Computerfestplatten mit den Daten der Versuche mit staubigen, komplexen Plasmen bringen die Raumfahrer an Bord der Sojus-Kapseln zurück zur Erde – unter ihren Sitzen.

Das Solar Auto-Calibrated EUV-Spectrometer (SolACES) hingegen kann auf einen Shuttlestart zurückblicken. Die Atlantis hatte es im Februar 2008 an Bord, zusammen mit dem europäischen Raumlabor Columbus und dem deutschen ESA-Astronauten Hans Schlegel.<sup>#)</sup> SolACES ist Teil des Solar Monitoring Observatory, einer Plattform für drei wissenschaftliche Experimente zum Studium der Sonne an der Außenhülle von Columbus. Das Instrument misst die Strahlung der Sonne im extremen Ultraviolett mit großer Genauigkeit. „Das solare Aktivitätsminimum dauerte länger als erwartet, nicht zuletzt deshalb hat die ESA den Betrieb des Instruments bis Ende 2013 verlängert“, erklärt Raimund Brunner, Projekt-

leiter am Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik (IPM) in Freiburg. So lassen sich genaue Daten darüber gewinnen, wie sich die Strahlungsleistung der Sonne im Maximum ändert und wie sehr sich dadurch die Erdatmosphäre aufheizt.

Da für die ESA bessere Vorhersagen des „Weltraumwetters“ eine immer größere Rolle spielen, denken die Freiburger bereits über ein Nachfolgemodell nach. Die Space-Shuttles als Transportmittel scheiden jedoch aus. Das europäische ATV ist derzeit auch weniger geeignet, da die Astronauten seine Fracht nur ins Innere der ISS entladen können und anschließend mühsam ausschleusen müssen. Vom japanischen HTV-Frachter hingegen lassen sich Experimente mit dem Roboterarm der Station direkt entnehmen und zu einem Ort an der Außenhülle der Station bugsieren. Brunner und seine Kollegen würden ihr erstes Instrument natürlich nach dessen Dienstende gerne unter die Lupe nehmen, um die Degradation und Abnutzung zu bestimmen. Doch selbst wenn die ESA entscheidet, ihre ATVs für eine Rückkehr zur Erde auszurüsten, dürften bis dahin noch einige Jahre ins Land gehen. Und unter den Sitz einer Sojus passt das Experiment einfach nicht.

Oliver Dreissigacker

## ■ Weg frei für extremes Licht

In Tschechien, Ungarn und Rumänien entstehen die Teilinstitute der Extreme Light Initiative.

Ende April hat die Europäische Kommission grünes Licht gegeben für den ersten von drei Superlasern, die in den nächsten Jahren im Rahmen der Extreme Light Infrastructure (ELI) an verschiedenen osteuropäischen Standorten entstehen sollen. Im tschechischen Dolní Brezany, unweit von Prag, wird nun bis 2016 ein Hochintensitätslaser mit bis zu 20 Petawatt gebaut. Die Kosten in Höhe von 265 Millionen Euro trägt die EU zu 85 Prozent aus Infrastrukturmitteln, den Rest übernimmt Tschechien.

Als eines von 35 Projekten taucht ELI 2006 bereits in der Roadmap auf, die das European Strategy Forum for Research Infrastructure (ESFRI) veröffentlicht hat, damals noch mit einem einzigen Standort.<sup>+)</sup> In der Zwischenzeit haben Wissenschaftler aus 13 europäischen Staaten die Planung konkretisiert. Innerhalb einer kürzlich abgeschlossenen dreijährigen Vorbereitungsphase fiel im November 2009 die Entscheidung, die Forschungsanlage auf zunächst drei Standorte aufzuteilen: neben Prag sind das die

ungarische Stadt Szeged sowie Magurele bei Bukarest in Rumänien. „Die drei Standorte werden sich auf unterschiedliche wissenschaftliche Fragestellungen konzentrieren“, sagt der deutsche Laserexperte Georg Korn, der während der Vorbereitungsphase stellvertretender Koordinator war und nun Chief Science and Technology Officer des tschechischen Standorts ist. So soll die Anlage in Prag primär dazu dienen, mithilfe des starken Laserlichts Elektronen und Ionen auf bis zu 100 GeV zu beschleunigen und



Mit einem Teilinstitut der Extreme Light Infrastructure entsteht in der Nähe von

Prag das erste tschechische Großforschungsgerät.

Röntgenstrahlen zu erzeugen, während am ungarischen Standort die Untersuchung der extrem schnellen Dynamik von Elektronen in Atomen, Molekülen, Plasmen oder Festkörpern mit Attosekunden-Pulsen im Mittelpunkt stehen soll. Am rumänischen Standort geht es schließlich darum, kernphysikalische Fragen mithilfe eines Hochintensitätslasers zu beantworten. Neben den wissenschaftlichen Fragen soll ELI auch den Weg bereiten für neue Anwendungen von Superlasern, beispielsweise, um kompakte Beschleuniger für die Tumorthherapie zu bauen.

Dass alle Standorte in Osteuropa liegen, ist kein Zufall. „Diese Länder haben bewusst entschieden, die Infrastrukturmittel von der EU, mit denen sie auch Straßen oder Brücken hätten bauen können, für Forschung auszugeben“, erklärt Korn. Für die Teilprojekte in Ungarn und Rumänien werden die entsprechenden Anträge in Kürze erwartet. Die aktuelle Fassung der ESFRI-Roadmap beziffert die Kosten für die drei Standorte auf rund 700 Millionen Euro.<sup>#)</sup> Darin nicht enthalten ist eine vierte Anlage, über deren Standort erst 2012 entschieden wird. Mit dem in den drei genannten Anlagen gewonnenen Knowhow soll dann ein wahrer Lasergigant entstehen, der mit einer Leistung im Exawatt-Bereich die Tür zu völligem wissenschaftlichem Neuland öffnen soll. „Wir gehen entsprechend unserer wissenschaftlichen und technischen Planung auf der Intensitätsleiter Stufe für Stufe

nach oben und wissen natürlich noch nicht genau, was wir dabei noch finden werden“, sagt Korn. So sollte es bei einer cleveren Anordnung von Hochintensitätslaserstrahlen und einer Leistungsdichte von  $10^{26}$  –  $10^{27}$  W/cm<sup>2</sup> möglich sein, reelle Teilchen direkt aus dem Vakuum „herauszuschlagen“.

Trotz der verschiedenen Standorte soll ELI künftig unter dem gemeinsamen Dach eines European Research Infrastructure Consortium (ERIC) betrieben werden. Die EU hat diese Rechtsform, die dem Konsortium des europäischen Röntgenlasers XFEL in Hamburg ähnelt, vor einem Jahr geschaffen. Im Rahmen dieses ERIC können dann neben den Sitzländern weitere europäische Staaten den laufenden Betrieb finanzieren. Deutschland hat sich bislang an der Finanzierung der Vorbereitungsphase beteiligt und auch Interesse signalisiert, dem ERIC beizutreten. Auf Institutsseite beteiligen sich in Deutschland das Max-Born-Institut, das Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf, das Max-Planck-Institut für Quantenoptik sowie die LMU München und die Universität Düsseldorf. Als europäisches Forschungszentrum wird ELI Wissenschaftlern aus ganz Europa und auch außerhalb davon zur Verfügung stehen.

**Stefan Jorda**

## ■ Neue Graduiertenkollegs

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) richtet 18 neue Graduiertenkollegs (GRK) ein, die für die nächsten viereinhalb Jahre mit insgesamt 60 Millionen Euro gefördert werden. Darunter sind auch drei aus dem Bereich der Physik.

Das Graduiertenkolleg 1675 beschäftigt sich mit „Teilchen- und Astroteilchenphysik im Lichte von LHC“. Die Wissenschaftler wollen Daten des Large Hadron Beschleunigers sowie aus anderen Experimenten mit komplementären physikalischen Ansätzen in Theorie und Experiment untersuchen und dabei Fragen wie der nach dem Ursprung der Masse von Elementarteilchen, der Natur der Dunklen Materie oder der Ursache der Materie-Antimaterie-Asymmetrie nachgehen (Sprecherhochschule: RWTH Aachen, S. Schael).

Im ersten deutsch-brasilianischen Graduiertenkolleg (IGK 1740: „Dynamische Phänome in komplexen Netzwerken“) arbeiten Physiker, Mathematiker, Biologen, Klimatologen und Geografen an der Erforschung von Netzwerken mit komplexer Topologie. Ein Hauptziel ist das bessere Verständnis von Teilsystemen der Erde unter sich wandelnden Bedingungen, wobei besonders Einflüsse wie die globale Erwärmung und der Landnutzungswandel im Amazonasgebiet im Mittelpunkt stehen (HU Berlin, J. Kurths; Nationales Institut für Weltraumforschung, Brasilien, und U São Paulo, E. Macau).

Mit verallgemeinerten Gravitationstheorien will sich das GRK 1620 („Models of Gravity“) beschäftigen. Hierzu zählen unter anderem Theorien, die sich als effektiver Niederenergiegrenzfall aus der Stringtheorie ergeben. Dabei geht es sowohl um die theoretischen Eigenschaften dieser Modelle als auch darum, inwieweit sie zu einem besseren Verständnis der Dunklen Materie, der Dunklen Energie oder der Pioneer-Anomalie beitragen können (U Bremen, C. Lämmerzahl; U Oldenburg, J. Kunz-Drolshagen). (DFG/AH)

#) [http://ec.europa.eu/research/infrastructures/index\\_en.cfm?pg=esfri](http://ec.europa.eu/research/infrastructures/index_en.cfm?pg=esfri)