

und 2016 abgeschlossen sein. Dann können auch ausländische Wissenschaftler Strahlzeit beantragen. Bei der LNLS sind rund 20 Prozent der Nutzer keine Brasilianer, die meisten davon kommen aus Lateinamerika.

Der Mehrzweckreaktor RMB mit einer Leistung von 20 MW soll bis 2018 in Iperó, rund 100 Kilometer westlich von São Paulo, entstehen. Dort betreibt die Marine im Rahmen des brasilianischen Nuklearprogramms bereits Anlagen zur Urananreicherung. Für den Bau hat Brasilien einen Vertrag mit Argentinien geschlossen, das ebenfalls einen solchen Reaktor bauen möchte. Als Referenz für das Design dient der 2007 in der Nähe von Sidney



CNPEM

Kein Fußballstadion für die WM 2014, sondern eine moderne Synchrotronstrahlungsquelle soll dieses Gebäude beherbergen.

eröffnete Reaktor OPAL, den ein argentinisches Unternehmen geplant hat. Mit dem Reaktor möchte Brasilien insbesondere unabhängig werden von Importen des für die

Nuklearmedizin wichtigen Isotops Molybdän-99, die das Land derzeit 10 Millionen Euro pro Jahr kosten.

Stefan Jorda

USA

Starke Felder

Der vom National Research Council veröffentlichte Report „High Magnetic Field Science and Its Application in the United States“¹⁾ erörtert den aktuellen Stand und die Zukunftsaussichten der US-Hochmagnetfeldforschung.

Weltweit führend ist das „National High Magnetic Field Laboratory“ (NHMFL) in Florida mit einer Zweigstelle in Los Alamos. Hier hat man kürzlich mit einem Magneten wiederholt ein 100 Tesla starkes gepulstes Magnetfeld erzeugt. Mit Magneten, die sich selbst zerstören, sind noch wesentlich höhere Feldstärken möglich, allerdings nur für sehr kurze Zeiten. Doch trotz der Erfolge des NHMFL haben die USA nach Aussage des Reports den Vorsprung verloren, den sie in der Hochfeld-NMR-Spektroskopie für chemische und biologische Anwendungen hatten. Den Investitionen der Europäer in die dafür nötigen Magnete und Ausrüstungen könnten die USA nichts Vergleichbares entgegensetzen. Der Bericht empfiehlt, das NHMFL solle weiterhin höchste Priorität haben. Doch sobald die Entwicklung von 32-Tesla-Dauermagneten aus dem Hochtemperatur-Supraleiter YBCO

abgeschlossen sei, sollten mehrere kleine regionale Anlagen entstehen, die mit solchen Magneten ausgerüstet sind.

Der Report teilt die Hochmagnetfeldforschung in zwei Gebiete: starke externe Magnetfelder zur Erzeugung exotischer magnetischer Zustände für die Spintronik und Felder für die Hochfeld-NMR zur Analyse der atomaren Struktur und Bewegung von Molekülen. Der Report empfiehlt, für die NMR-Forschung an großen Tieren und Menschen einen 20-Tesla-Magneten mit großem Innendurchmesser zu entwickeln. Zur Verbesserung der internationalen Zusammenarbeit solle ein internationales Forum mit Repräsentanten von allen Einrichtungen der Hochmagnetfeldforschung die weitere Zusammenarbeit anregen und eine Roadmap für die zukünftige Entwicklung von Magneten aufstellen.

NASA-Zukunftsmusik

Alle zehn Jahre stellen die Astronomen und Astrophysiker in den USA eine Wunschliste mit Projekten für das kommende Jahrzehnt auf. Der letzte Decadal Survey stammt aus dem Jahr 2010.²⁾

Doch nun hat die NASA die Wissenschaftler aufgefordert, noch wesentlich weiter in die Zukunft zu schauen und ihre Visionen und Projekte für die nächsten 30 Jahre als Abstract auf einer Seite zu formulieren. Die NASA wird die Vorschläge sichten und aus ihnen eine 30-Jahre-Roadmap erstellen, die Anfang Dezember in einem Bericht veröffentlicht werden soll. Inzwischen liegen knapp hundert Abstracts vor, die die NASA zugänglich gemacht hat.³⁾

Die Autorenliste reicht vom krassen Außenseiter bis zum Nobelpreisträger. So sind John Mather und seine Kollegen vertreten mit dem Abstract: „Spectral distortions of the cosmic microwave background: a new window to early Universe physics“. Häufig genannte Forschungsthemen sind die frühe Entwicklung des Universums, das Wesen der Dunklen Materie, die Entwicklung von Galaxien und die Entstehung von supermassereichen Schwarzen Löchern in galaktischen Kernen, ein besseres Verständnis der Supernova-Ia-Explosionen, die als kosmische Standardkerzen dienen, sowie die Suche nach erdähnlichen Exoplaneten und nach Leben. Viele Forscher diskutieren die neuen Möglichkeiten, die die Gra-

1) www.nap.edu/catalog.php?record_id=18355

2) Physik Journal, Oktober 2010, S. 11

3) <https://scienceworks.hq.nasa.gov/web/astrophysics-roadmap/abstracts>

4) <http://energy.gov/science-innovation/innovation/hubs>

5) Physik Journal, November 2012, S. 15

itationswellenastronomie für die Kosmologie und die Erforschung von Galaxien, Doppel-Neutronensternen und Schwarzen Löchern bringt. Vor neuen Herausforderungen steht die „Multimessenger“-Astrophysik, die parallele Beobachtungen mit unterschiedlichen Detektoren für Strahlung, Teilchen und Gravitationswellen in Einklang bringen soll. Einige Forscher wollen dazu Schwärme von kleinen Satelliten ins All bringen, die ihre Beobachtungen miteinander abstimmen.

Zukunft der Energy-Hubs

Als der bisherige Chef des Department of Energy, der Nobelpreisträger Steven Chu, 2009 die „Energy Innovation Hubs“⁴⁾ des DOE einführte, ließ er sich von den positiven Erfahrungen leiten, die er mit der Forschungsorganisation in den Bell Labs gemacht hatte. In den DOE-finanzierten Hubs sollten Wissenschaftler und Ingenieure „unter einem Dach“ an der Lösung bestimmter Probleme der Energieforschung zusammenarbeiten. Dabei sollten sie, unbehindert von der DOE-Bürokratie, direkt von der Leitung eines Hubs die erforderlichen Mittel bewilligt bekommen. Von den ursprünglich vorgesehenen acht Hubs haben inzwischen fünf ihre Arbeit aufgenommen, für einen sechsten hat das DOE die Mittel beantragt.

Nachdem Ernest Moniz, der Direktor der Energy Initiative am MIT, Ende März von Chu die Leitung des DOE übernommen hat, stellt sich die Frage nach der Zukunft der Energy Innovation Hubs. In den letzten vier Jahren hat der Kernphysiker Moniz US-Präsident Obama beraten. Als entschiedener Fürsprecher der Nutzung von Kernenergie und Erdgas bekannt, leitete Moniz den Verwaltungsrat des Energy-Hubs „Consortium for Advanced Simulation of Light Water Reactors“ (CASL). Deshalb wird erwartet, dass Moniz dem Konzept der Hubs gegenüber aufgeschlossen ist. Dennoch haben die fünf bestehenden Hubs unterschiedlich gute

Zukunftsaussichten. Am besten sind sie für das CASL in Oak Ridge, das eine detaillierte dreidimensionale Simulation bestehender Kernreaktoren entwickelt, was die Effizienz der Anlagen verbessern soll. Auch das „Joint Center for Artificial Photosynthesis“ (JCAP) am Caltech hat eine klar definierte Aufgabe: die Entwicklung einer erschwinglichen, langlebigen und effizienten Solarzelle, die mit Sonnenenergie Wasserstoffgas erzeugt.

Das 2012 in Argonne gestartete „Joint Center for Energy Storage Research“ (JCESR) soll innerhalb von fünf Jahren eine Batterie entwickeln, die zu einem Fünftel der Kosten fünfmal so viel Energie speichert wie eine herkömmliche Lithiumionenbatterie. Auch für JCESR ist der Erfolg noch ungewiss. Der Hub für „Energy Efficient Buildings“ (EEB) in Philadelphia und das erst 2013 gestartete „Critical Materials Institute“ (CMI) am Ames Lab in Iowa verwässern das ursprüngliche Hub-Prinzip, da sie nicht auf eine klar definierte Forschungsaufgabe fokussiert sind. Der EEB-Hub soll durch abgestimmte Nutzung bestehender Technologien die Energieeffizienz von Gebäuden bis 2020 um 20 Prozent verbessern. Das CMI wiederum hat die Aufgabe, die drohende Verknappung von technologisch wichtigen Elementen abzuwenden, indem es nach Ersatzstoffen sucht sowie die Gewinnung und das Recycling verbessert. Bei diesen Hubs besteht die Gefahr, dass sie der Sparpolitik zum Opfer fallen und nach der ersten, fünf Jahre dauernden Förderzeit beendet werden. Ob der geplante sechste Hub zur Verbesserung elektrischer Leitungsnetze verwirklicht wird, ist noch unklar.

Update der Kernwaffenforschung

Während die Zahl der US-Kernsprengköpfe seit 1990 stetig abgenommen hat, erreichen die Mittel für die Kernwaffenprogramme, die US-Präsident Obama für 2014 beantragt hat, mit knapp 8 Milliarden US-Dollar ein neues Hoch. Ein Teil davon wird im Rahmen

des „Stockpile Stewardship“ dafür verwendet, die mehr als 20 Jahre alten Kernwaffen auch ohne Nukleartests sicher und einsatzbereit zu erhalten. Dazu dienen Fusionsexperimente, Computersimulationen und materialwissenschaftliche Untersuchungen.

Das Department of Energy (DOE) betreibt dazu am Lawrence Livermore Lab die National Ignition Facility (NIF), eine gigantische Laserfusionsanlage,⁵⁾ sowie „Sequoia“, unter den Supercomputern weltweit die Nummer Zwei, während es in Los Alamos eine große Plutoniumfabrik plant. Hier läuft auch ein umstrittenes Programm zur Verlängerung der Lebensdauer der „taktischen“ B61-Kernwaffen, die inzwischen 45 Jahre alt sind. Indem man den Zünder einer vorhandenen Kernwaffe mit einem anderen Fusionssprengkopf kombiniert, erhält man eine kompakte Kernwaffe, die sich mit ballistischen Raketen verschießen lassen könnte. Auf diese Weise glauben die USA, die von Obama gemachte Zusage einzuhalten, keine neuen Kernwaffen zu entwickeln. Die aufgefrischte B61 wäre allerdings wesentlich zielgenauer und würde sich für „begrenzte“ Nuklearangriffe eignen. Das würde die Wahrscheinlichkeit ihres Einsatzes erhöhen, wie Kritiker meinen.

Doch auch das gesamte Stewardship-Programm wird kritisiert, da es mit 10 Milliarden US-Dollar etwa zehnmals so teuer ist wie eine einfache Generalüberholung des Kernwaffenarsenals. Die Senatorin Diane Feinstein hat gefordert, die Kernwaffenprogramme sollten im Haushaltsjahr 2014 inflationsbereinigt nicht mehr Kosten verursachen, wie die USA 1985 im Kalten Krieg dafür ausgegeben hatten – als sie noch 25 000 Sprengköpfe besaßen, neue Kernwaffen entwickelten und Atomtests durchführten.

Rainer Scharf