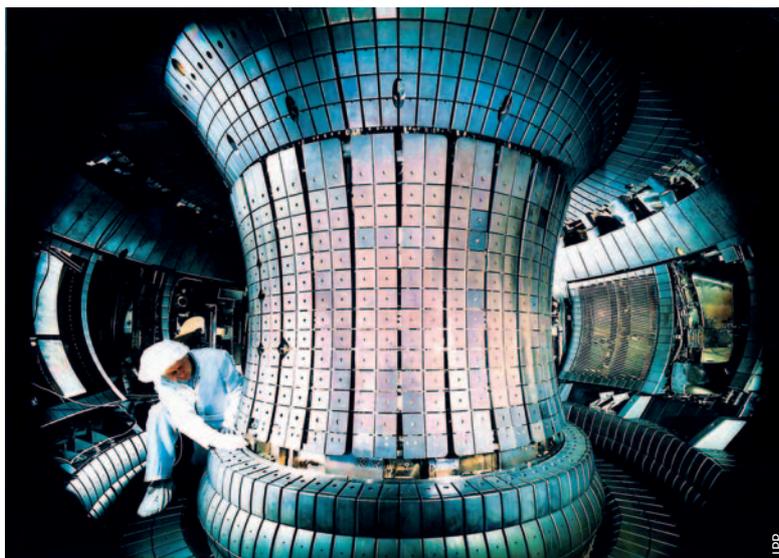


■ Fusionsforschung im Fokus

Deutsche Experimente spielen eine Schlüsselrolle im europäischen Fusionsprogramm.

In 30 bis 35 Jahren soll ein erster Reaktorprototyp die kommerzielle Nutzung der Fusionsenergie einleiten. Bis dieses langfristige und ehrgeizige Ziel der Fusionsforschung mit dem Demonstrationsreaktor DEMO erreicht ist, sind jedoch noch zahlreiche Hürden zu nehmen. Welche Forschungs- und Entwicklungsaufgaben sollten auf diesem Weg, der als zentrales Etappenziel den Experimentalreaktor ITER enthält, Priorität haben? Welche der verschiedenen nationalen und internationalen Fusionsexperimente spielen dabei eine wichtige Rolle und verdienen daher auch künftig eine Förderung? Mit dem Auftrag, diese Fragen zu beantworten, hat die Europäische Kommission Ende 2007 das „Facility Review Panel“ eingesetzt, das kürzlich seinen Abschlussbericht vorgelegt hat.⁸⁾ Demnach kommt neben dem europäischen Fusionsreaktor JET insbesondere den beiden Experimenten ASDEX Upgrade (UG) sowie Wendelstein 7X des Max-Planck-Instituts für Plasmaphysik (IPP) eine Schlüsselrolle zu.

Zum Baubeginn des International Thermonuclear Experimental Reactor ITER sollen im südfranzösischen Cadarache schon bald die Bagger anrollen. ITER wird auf Jahrzehnte hinaus das Schlüsselexperiment für die Fusionsforschung sein und ebenso wie ASDEX-UG und JET auf dem Tokamak-Prinzip beruhen. Die ein-



Dem am Max-Planck-Institut für Plasmaphysik in Garching betriebenen Fusionsexperiment ASDEX Upgrade wurde kürz-

lich „sehr hohe Priorität“ für den Experimentalreaktor ITER bescheinigt.

fache torusförmige Geometrie dieser drei Maschinen ist sehr ähnlich, ihre Querschnitte verhalten sich wie 1:2:4. „Diese Stufenleiter von einer mittelgroßen über eine große zu einer sehr großen Maschine hat das Panel sehr gut bewertet“, freut sich der Plasmaphysiker Hartmut Zohm vom IPP, dessen Gruppe sowohl an ASDEX-UG als auch an JET experimentiert. Ein weiterer Grund dafür, dass ASDEX-UG mit „sehr hoher Priorität“ eingestuft wurde, liegt darin, dass diese Maschine verglichen mit JET oder ITER relativ flexibel ist. „Wir können schnell etwas umbauen und neue Ideen ausprobieren“, sagt Zohm. So seien bereits zahlreiche an ASDEX

entwickelte Elemente in das ITER-Design eingeflossen, z. B. das als H-Mode bezeichnete Betriebsszenario. ASDEX-UG ist weltweit auch die einzige Maschine, deren Plasmagefäß vollständig mit Wolfram beschichtet ist – ein Material, das auch für ITER zur Diskussion steht.

ITER soll zum ersten Mal ein Plasma erzeugen, in dem die Fusion von Deuterium und Tritium zehnmal mehr Energie freisetzt, als für das Aufheizen des Plasmas auf 100 Millionen Grad nötig ist. Wie jeder andere bisherige Tokamak leidet allerdings auch ITER an dem Manko, dass er sich nur gepulst betreiben lässt – eine reichlich unerwünschte Eigenschaft für ein Kraftwerk. Daher befürwortet der Bericht mit sehr hoher Priorität ein weiteres, kleineres Fusionsexperiment, European Satellite genannt, an dem der kontinuierliche Betrieb eines Tokamaks erforscht werden soll. „Dies erfordert sehr aggressive Szenarien an der Grenze dessen, was wir von der Physik her verstehen und im Betrieb beherrschen“, erläutert Zohm, „und dafür ist ITER nicht flexibel genug.“

Wesentlich einfacher ist ein kontinuierlicher Betrieb hingegen an sog. Stellaratoren möglich, die diesen Vorteil aber mit äußerst

KURZGEFASST

■ Energie der Zukunft

Europäische Kommission und Industrie haben eine gemeinsame Technologieinitiative gegründet und wollen nahezu eine Milliarde Euro in Forschung und Entwicklung von Brennstoffzellen und Wasserstofftechnik investieren. Ziel ist es, diese vielversprechenden Technologien noch vor 2020 zum Masseneinsatz zu bringen. Brennstoffzellen bieten als effiziente Umwandlungstechnologie und Wasserstoff als sauberer Energieträger erhebliches Potenzial für die Sicherung der Energieversorgung.

■ Mehr Geld für Forschung

Bund und Länder werden 2009 die Forschung mit mehr als sieben Milliarden Euro fördern. Das sind rund neun Prozent mehr als 2008. Die DFG erhält 2,1 Milliarden Euro, die Max-Planck-Gesellschaft 1,2 Milliarden und die Leibniz-Institute 852 Millionen. Für das Programm der deutschen Akademien der Wissenschaften wenden Bund und Länder 47 Millionen Euro auf und für Forschungsbauten an Hochschulen 174 Millionen. Die Mittel für die Helmholtz-Gemeinschaft sowie die Fraunhofer-Gesellschaft stehen noch nicht fest.

8) fire.pppl.gov/EU_fusion_facilities_rev_08.pdf

kompliziert geformten Spulen für den Plasmaeinschluss erkaufen. Mit Wendelstein 7X baut das IPP in seinem Teilinstitut in Rostock derzeit den weltgrößten Stellarator, der mit einem Plasmavolumen von 30 Kubikmetern zwischen ASDEX-UG und JET anzusiedeln ist.⁵⁾ Des- sen Ergebnisse müssen zeigen, ob das Stellarator-Prinzip für DEMO möglicherweise das Rennen macht. Daher bescheinigt das Panel auch Wendelstein 7X sehr hohe Priorität. Allerdings wäre der direkte Schritt von Wendelstein 7X zu DEMO schwer vorstellbar. „Dazu müsste die Theorie so weit sein, dass man

diese gewaltige Extrapolation machen kann“, sagt Zohm.

Doch bis dahin liegt noch ein weiter Weg vor der Fusionsfor- schung. Zunächst müssen ITER und Wendelstein 7X Ergebnisse liefern. Bislang kämpfen beide Projekte aber mit stark gestiegenen Kosten und massiven Verzögerungen. So sind die Kosten von Wendelstein 7X, unter anderem aufgrund von Problemen mit den supraleitenden Magneten, inzwischen auf über 400 Millionen Euro gestiegen, was dem Projekt einen Eintrag in das Schwarzbuch 2007 des Steuerzah- lerbundes beschert hat. Gleichzeitig

hat sich der Termin für die Inbe- triebnahme mehrfach verschoben auf 2014. „Wendelstein hat aber gerade mehrere Reviews mit Bra- vour bestanden und befindet sich nun auf dem richtigen Weg zur Fertigstellung“, ist Zohm überzeugt. Und auch bei ITER ist die Planung von 2001 Makulatur: Kürzlich sagte der stellvertretende ITER-Direktor Norbert Holtkamp, dass die Kosten um mindestens 10, möglicherweise sogar 100 Prozent steigen werden. Mit offiziellen Zahlen ist nicht vor Ende November zu rechnen, wenn der ITER-Rat getagt hat.

Stefan Jorda

5) vgl. Physik Journal, April 2004, S. 7

■ Mit Mathe ist weiter zu rechnen

Zum Abschluss des Jahres der Mathematik startet die Ausstellung „Mathema“ im Deutschen Technikmuseum in Berlin.

„Alles ist Zahl“, erklärte Pythagoras vor mehr als 2500 Jahren, und Ga- lileo Galilei verkündete: „Das Buch der Natur ist in der Sprache der Mathematik geschrieben.“ Kurzum: Ohne Mathematik geht es nicht. Das möchte auch die Ausstellung „Mathema“ zeigen, die von Bun- desforschungsministerin Annette Schavan am 6. November eröffnet wurde. „Mathema reiht sich als Highlight in die vielfältigen Veran- staltungen des Jahres der Mathema- tik⁺⁾ ein“, betonte Schavan in ihrer Eröffnungsrede.

Die Ausstellung wird noch bis zum 2. August 2009 im Deutschen Technikmuseum in Berlin zu se- hen sein.⁺⁾ In fünf Räumen zu den Themen Zahlen, Geometrie, Funk- tionen, Zufall und Grenzen finden die Besucherinnen und Besucher nicht nur historische Exponate, Filme und Medieninstallationen, sondern auch zahlreiche Mitmach- stationen, die zum Experimentieren in der Welt der Zahlen und Formen einladen. Dazu gibt es ein Begleit- programm mit Workshops, Füh- rungen und Vorträgen. Mit einer speziellen Kinderinsel sollen insbe- sondere Kinder im Alter von vier bis zehn einen spielerischen Zugang zur Mathematik finden. Auch das Deutsche Museum in München



Deutsches Technikmuseum / R. Wegst

In der Ausstellung „Mathema“ gibt es zahlreiche Exponate zum Anfassen. Dazu gehört z. B. eine „Brachystochrone“. Auf

dieser besonderen Kurve rollt eine Kugel schneller ans Ziel als auf einer kürzeren geraden Bahn.

wird sich im kommenden Jahr unter dem Motto „Der mathematische Blick“ weiterhin der Mathematik widmen.

Günter M. Ziegler, Präsident der Deutschen Mathematiker Vereinigung und Koordinator des „Jahres der Mathematik“, ist optimistisch, dass sich der Schwung des Wissen- schaftsjahres auch weiterhin nutzen lässt. Er zieht eine positive Bilanz: „Unsere Erwartungen haben sich über das Erwartbare hinaus erfüllt.“ Insbesondere sei das Konzept auf-

gegangen, nicht aus einer defensi- ven Haltung zur Mathematik ins Wissenschaftsjahr zu starten. Da- von kündeten die Slogans „Alles was zählt“ und „Du kannst mehr Ma- the, als Du denkst.“^{*)} Zu den Höhe- punkten des Jahres der Mathematik zählten der Wissenschaftssommer 2008 in Leipzig mit allein 200 Ein- zelveranstaltungen und das Ausstel- lungsschiff MS Wissenschaft, das von Mai bis September in über 30 deutschen Städten Station machte.

Alexander Pawlak

+) vgl. Physik Journal, Februar 2008, S. 7, mehr Infos unter www.jah- der-mathematik.de

#) www.mathema- ausstellung.de

*) www.du-kannst- mathe.de