

PRESSEINFORMATION

PI 3/90

31.7.1990

DAS FUSIONSEXPERIMENT ASDEX UPGRADE GEHT IN BETRIEB

Am 2. August wird das Fusionsexperiment ASDEX Upgrade im Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) in Garching bei München eingeweiht. ASDEX Upgrade ist die gegenwärtig größte Fusionsanlage in der Bundesrepublik und soll Kernfragen der Fusionsforschung unter reaktorähnlichen Bedingungen untersuchen.

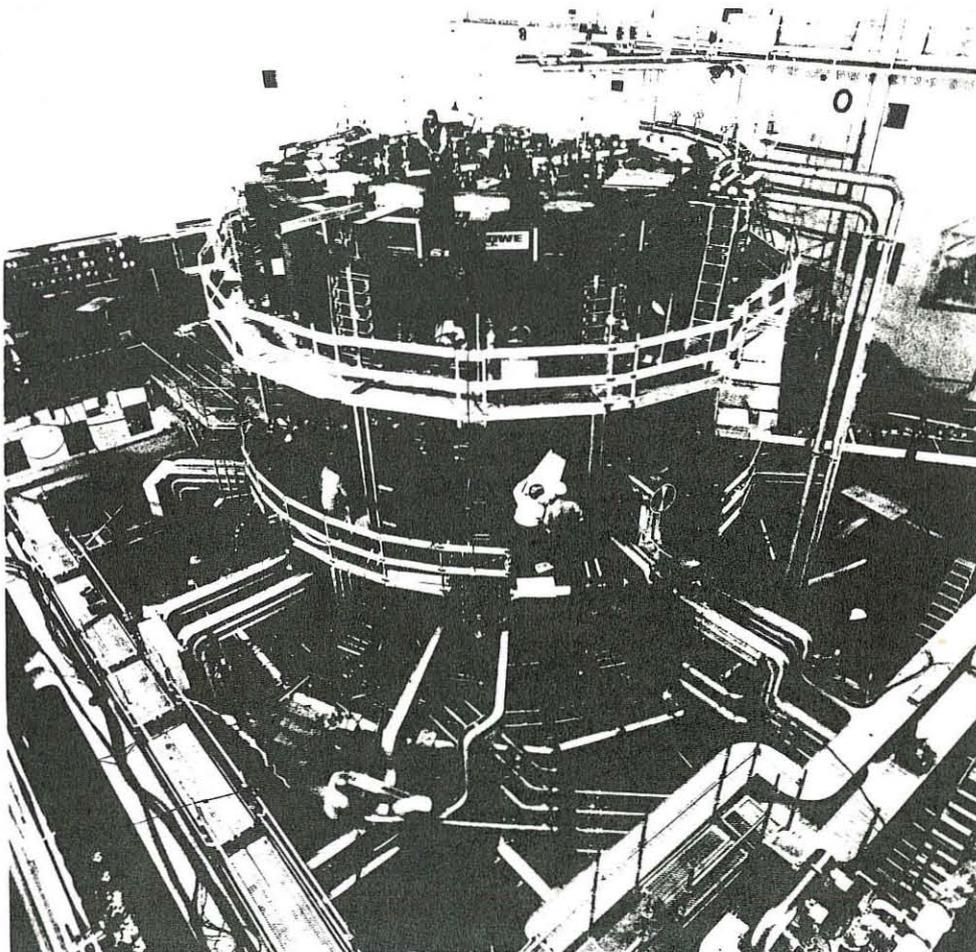


Abb: Das Fusionsexperiment ASDEX Upgrade im Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) nach Abschluß der Hauptmontage. Der Anbau von Versorgungsleitungen, Pumpen, Heizapparaturen und Meßgeräten hat begonnen.

Ziel der Fusionsforschung ist die Entwicklung eines Fusionsreaktors, der Energie aus der Verschmelzung von Atomkernen gewinnen soll. Brennstoff der Fusion ist ein sehr dünnes Gas - ein sogenanntes "Plasma" - aus den beiden Wasserstoffsorten Deuterium und Tritium. Zum Zünden des Fusionsfeuers wird das Plasma in ringförmigen Magnetfeldern eingeschlossen und auf hohe Temperaturen aufgeheizt. Oberhalb von 100 Millionen Grad beginnt das Plasma zu brennen, d.h. die Wasserstoffkerne verschmelzen miteinander zu Helium, wobei nutzbare Energie freigesetzt wird.

Aufgabe des Experimentes

Nachdem es im Verlauf der Fusionsforschung gelungen ist, genügend dichte Plasmen stabil einzuschließen und auf die nötigen Zündtemperaturen aufzuheizen, hat sich die Wechselwirkung des heißen Plasmas mit den umgebenden Wänden zu einem der zentralen Untersuchungsgebiete entwickelt: Obwohl der heiße Plasmaring im Inneren des Vakuumgefäßes von magnetischen Kräften in Schwebelage gehalten wird, gerät das Plasma an seiner äußeren Begrenzung dennoch in Kontakt mit den umgebenden Wänden. Unter ungünstigen Umständen kann dies zur Folge haben, daß unerwünschte Verunreinigungen von der Wand abgeschlagen werden und in das Plasma eindringen, daß die Wand beschädigt und keine zur Zündung ausreichende Wärmeisolierung des Hauptplasmas erreicht wird.

Einen entscheidenden Beitrag zur Lösung dieser Probleme brachte das IPP-Experiment ASDEX (Axialsymmetrisches Divertor-Experiment). Während man in früheren Experimenten den Plasmaschlauch nach außen durch materielle Blenden begrenzte, geschah dies bei ASDEX weitgehend berührungsfrei: Hier wird die gesamte äußere Randschicht des Plasmas auf magnetische Weise in separate Nebenkammern abgelenkt ("divertiert"). Die Plasmateilchen treffen daher erst abgekühlt und vom heißen Zentrum entfernt auf eine materielle Wand auf, wo sie abgepumpt werden können. Auf diese Weise können auch die störenden Verunreinigungen - in einem brennenden Plasma auch die "Fusionsasche" Helium - aus dem Plasma entfernt werden. Zugleich wird die Wand des Plasmagefäßes geschont und außerdem eine gute Wärmeisolation des Brennstoffes erreicht. Die durch den Divertor mögliche Modellierung des Plasmarandes erlaubt es also, die zentralen plasmaphysikalischen Problemfelder - Plasmarinheit, Plasmaeinschluß und Plasma-Wand-Wechselwirkung - günstig zu beeinflussen.

Die Ergebnisse des ASDEX-Experimentes waren so bedeutend, daß gegenwärtig das europäische Gemeinschaftsexperiment JET (Joint European Torus) im englischen Culham nach diesem Vorbild auf Divertorbetrieb umgerüstet wird. Auch ein zukünftiger Reaktor wird mit Divertor arbeiten. Als reines Physikexperiment hatte ASDEX seine Erfolge je

doch mit einer Divertorkonstruktion erreicht, die weder technisch unmittelbar reaktor-tauglich war, noch der Einwirkung eines wirklich heißen und dichten Reaktorplasmas standhalten mußte. Der Nachfolger ASDEX Upgrade soll diese Lücke schließen und einen Divertor sowohl physikalisch als auch technisch unter Reaktorbedingungen untersuchen. Damit erarbeitet das Experiment wesentliche Kenntnisse für das nächste im europäischen Fusionsprogramm geplante Großexperiment, das erstmals ein gezündetes Plasma realisieren soll.

Planung

ASDEX Upgrade kann zum Erreichen seiner wissenschaftlichen Ziele auf ein brennendes Plasma und volle Reaktorgröße noch verzichten. Um die Wechselwirkung zwischen Plasma und Wand unter reaktorähnlichen Bedingungen zu studieren, genügt es, allein die Plasmarandschicht, d.h. die äußeren 10 Zentimeter eines Reaktorplasmas zu reproduzieren. Insbesondere strebt ASDEX Upgrade reaktorgleiche Werte für die Plasmadichte an - $1,6 \cdot 10^{14}$ Teilchen pro Kubikzentimeter, eine Viertel Million mal dünner als die uns umgebende Luft - sowie Temperaturen bis zu 25 Millionen Grad. Um wie im Reaktor eine mittlere Wandbelastung von 30 Watt pro Quadratzentimeter zu erreichen, ist eine Heizleistung von 12 bis 15 Megawatt vorgesehen, die bis zu 7 Sekunden lang bereitgestellt wird.

Diese Bedingungen an die Plasmaeigenschaften legen - zusammen mit der Forderung nach einem technisch reaktortauglichen Divertor - dann auch die äußeren Dimensionen der Apparatur fest: Das Untersuchungsobjekt, der Plasmaring, wird einen Radius von 1,70 Meter und ein Volumen von 13 Kubikmetern besitzen. Das einschließende Magnetfeld wird im wesentlichen von 16 großen Magnetspulen erzeugt, die auf das ringförmige Plasmagefäß aufgefädelt sind. Wie für einen Reaktor notwendig und technisch wesentlich anspruchsvoller als bei dem Vorgänger ASDEX, wurden die Zusatzspulen für den Divertor sowie die Form- und Lageregelung des Plasmas außerhalb der Hauptfeldmagneten angeordnet. Größe und gegenseitige Kraftwirkung der Zusatzspulen werden damit denen der Hauptfeldmagneten vergleichbar. Kräfte bis zu 1000 Tonnen auf einzelne Spulen erfordern kräftige Stützstrukturen aus hochfestem Edelstahl. Insgesamt erreicht das 9 Meter hohe Experiment ein Gewicht von 700 Tonnen.

Obwohl ASDEX Upgrade beim Experimentieren auf den Einsatz des radioaktiven Fusionsbrennstoffs Tritium verzichten wird, sind die Plasmawerte schon so fortgeschritten, daß auch in dem Modellplasma aus normalem Wasserstoff und Deuterium bereits Verschmelzungsreaktionen ablaufen werden. Zum Abschirmen der dabei entstehenden Fusions-

neutronen wurde das Experiment daher in einer Halle mit 2 Meter dicken Wänden und einer 1,80 Meter dicken Decke aufgebaut. Mit insgesamt 8000 Kubikmetern vergossenem Beton kann sie eine jährliche Menge von 10^{19} Neutronen sicher auffangen. Die Aktivierung der Apparaturen bleibt dabei so gering, daß das Experiment - außerhalb der Betriebszeiten - jederzeit zugänglich ist.

Geplant und entworfen wurde ASDEX Upgrade ab 1981 von einem Team von ca. 23 Ingenieuren und Physikern. 1983 wurden die ersten Industrienaufträge zur Fertigung der Hauptkomponenten - Plasmagefäß, Magnetspulen und ihre Abstützungen - vergeben. Da die Arbeiten des IPP in das europäische Fusionsprogramm integriert sind, wurden die Investitionskosten von ca. 200 Mio DM - neben Bund und Land Bayern - auch von der europäischen Forschungsbehörde EURATOM getragen. Auch die Aufträge wurden europaweit ausgeschrieben. An der Herstellung der Großkomponenten des Experimentes waren etwa 25 Firmen aus der Bundesrepublik Deutschland, Italien, Frankreich und der Schweiz beteiligt. Zusammen mit kleineren Aufträgen, die weitgehend regional vergeben wurden, tragen bis zum Betriebsbeginn mehrere hundert Firmen aller industriellen Sparten zu Herstellung und Aufbau von ASDEX Upgrade bei.

Zusammenbau

Nach Fertigstellung der europaweit gefertigten Einzelkomponenten begann die Montage von ASDEX Upgrade im Mai 1988. Der Torus wurde in acht Teilstücken - bestehend aus einem Achtel des Plasmagefäßes, zwei Magnetspulen und äußerer Stützschaale - vormontiert, die anschließend verbunden wurden. Die optimale Raumausnutzung der kompakten Anlage verlangte von den Monteuren äußerst behutsame Handhabung der großen und schweren Bauteile, die auf engem Raum mit hoher Genauigkeit zusammengefügt werden mussten. Beim Verbinden der insgesamt 140 Tonnen schweren Stahlstützstruktur zum Beispiel waren Meßgenauigkeiten bis zu 5/100 Millimeter erforderlich. Auch das Auffädeln der Magnetspulen auf das mit Pump- und Meßstützen gespickte Plasmagefäß wurde - mit einem Gewicht von 10 Tonnen am Kranhaken - zu einer heiklen Millimeterarbeit.

Nachdem im Januar 1989 die erste Torushälfte fertigmontiert war, wurden die halbkreisförmigen Zusatzspulen zur Lagekontrolle und Stabilisierung des Plasmas eingefahren. Anschließend wurde die gesamte, etwa 170 Tonnen schwere Hälfte aus der Hallenmitte auf acht Meter langen Gleitschienen zur Seite gefahren, um Platz für die Montage der zweiten Torushälfte zu schaffen. Beide Hälften wurden nach Rückfahren der ersten verbunden. Der ganze, etwa 340 Tonnen schwere Torus wurde dann wieder zurück

in Parkposition gezogen, um dem Aufbau der unteren Zusatzspulen Raum zu geben. Sie wurden - nach der letzten Fahrt des Torus zurück in die Hallenmitte über die montierten Spulen - in ihre endgültige Lage angehoben. Mit Aufsetzen der oberen Zusatzspulen und dem Verbinden der Stützstruktur-Träger war die Tokamakmontage im März 1990 abgeschlossen und der Anschluß der Versorgungseinrichtungen - Pumpen, Heizungen, Meßgeräte, Kühlwasser- und Stromzuführungen - konnte beginnen. Insgesamt werden etwa 100 Kilometer Kabel verlegt, die - in rund 2000 Meßkabel zerteilt - während einer Plasmaentladung etwa 20 Megabyte an Meßdaten von den 35 Meßgeräten an das Rechenzentrum zur Auswertung weiterleiten.

Die stufenweise technische Inbetriebnahme hat inzwischen begonnen, erste Plasmaexperimente sind im Oktober 1990 zunächst ohne Plasmazusatzheizung geplant. Dabei werden Plasmaaufbau, Kontrolle der Plasmaform, Plasmalage und Stabilität untersucht und optimiert. Im Laufe des Jahres 1991 folgen dann Experimente mit Plasmaheizung durch Hochfrequenzwellen, anschließend wird die Heizung durch Neutralteilcheneinschuß in Betrieb genommen.

Isabella Milch

Anmerkung der Redaktion:

Dieser Text steht Ihnen zur beliebigen Auswertung auch ohne Namensnennung zur Verfügung. Reproduktionsfähige Abzüge des Fotos erhalten Sie (auch in Farbe) unter Tel.Nr. (089) 3299-1288.