

PRESSEINFORMATION

PI 5/93

10.8.1993

Heißer als die Sonne:**Neutralteilchen-Heizung an ASDEX Upgrade in Betrieb gegangen**

An dem Fusionsexperiment ASDEX Upgrade im Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) in Garching bei München ging kürzlich die erste Stufe der Plasmaheizung mit Neutralteilchen in Betrieb. Mit voll ausgebauter Heizung soll das Experiment Plasmen erzeugen, die heiß genug sind, um Kernfragen der Fusionsforschung unter reaktorähnlichen Bedingungen untersuchen zu können. ASDEX Upgrade ging 1990 als gegenwärtig größte deutsche Fusionsanlage in Betrieb.

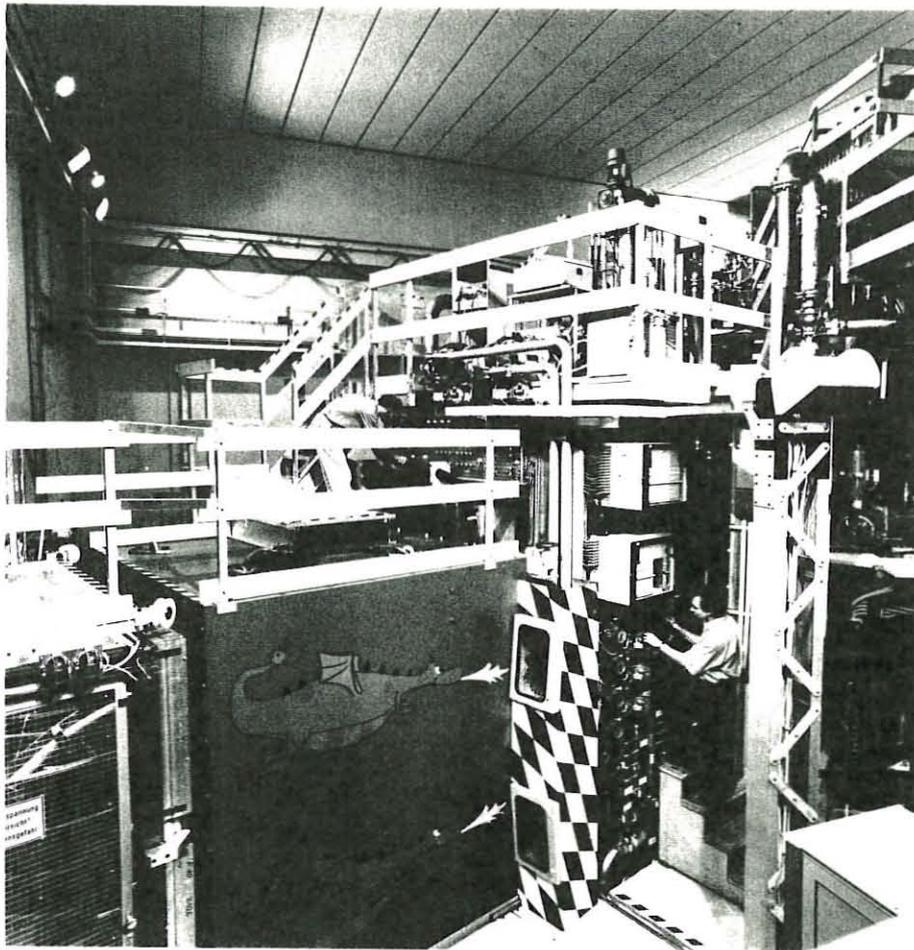


Abb. 1: Die Neutralteilchen-Heizung des Fusionsexperimentes ASDEX Upgrade im Max-Planck-Institut für Plasmaphysik in Garching. Hinter der Verkleidung im Vordergrund verbergen sich die vier Strahlquellen, deren Teilchenstrahlen nach rechts in das Plasma schießen.

Ziel der Kernfusionsforschung ist es, die Energieproduktion der Sonne auf der Erde nachzu- vollziehen: Ein Fusionskraftwerk soll Energie aus der Verschmelzung von Atomkernen gewinnen. Brennstoff der Fusion ist ein dünnes ionisiertes Gas, ein "Plasma" aus den Wasserstoffsorten Deuterium und Tritium. Zum Zünden des Fusionsfeuers muß das Plasma in Magnetfeldern eingeschlossen und auf hohe Temperaturen über 100 Millionen Grad aufgeheizt werden.

Test auf Reaktortauglichkeit

Ein leistungsfähiges Verfahren zur Aufheizung des Plasmas ist die sogenannte Neutralteilchen-Heizung: Schnelle Wasserstoffatome werden in das Plasma eingeschossen und dort eingefangen. Beim Zusammenstoßen mit den Plasmateilchen geben sie ihre Energie weiter - die Plasma-temperatur steigt. Die Umsetzung dieses bewährten Verfahrens für ASDEX Upgrade bedurfte einer mehrjährigen Entwicklungs-, Bau- und Testzeit. Im Sommer 1992 wurde die fertige Heizung an das Experiment angebaut und stufenweise in Betrieb genommen. Ende Juni konnten die Heiz- experimente mit der ersten von insgesamt vier Strahlquellen beginnen. Anfang Juli wurde die zweite Strahlquelle zugeschaltet, schließlich die dritte und vierte: Mit insgesamt 5 Megawatt ein- gestrahlter Heizleistung sprang der Energieinhalt des Plasmas von vorher 150 auf 630 Kilojoule. Kein Problem war es, in das H-Regime zu gelangen, einen Plasmazustand mit verbesserter Wärmeisolation. Bei den angestrebten hohen Plasmadichten wurde eine Plasmatemperatur von 23 Millionen Grad erreicht.

Damit kann ASDEX Upgrade nun - zusammen mit den bereits vorhandenen 3,5 Megawatt Strom- und Hochfrequenzheizung - heiße Plasmen erzeugen, um so eines der wesentlichen Probleme der Fusionsforschung studieren zu können: die Wechselwirkung zwischen dem heißen Plasma und den umgebenden Wänden. In einem späteren Fusionskraftwerk darf nämlich weder der heiße Brennstoff die Wand der Plasmakammer beschädigen noch umgekehrt das Plasma durch abgelöstes Wandmaterial verunreinigt oder verdünnt werden. Die Aufgabe von ASDEX Upgrade ist es, diesen Problemkreis unter reaktorähnlichen Bedingungen zu untersuchen und geeignete Lösungen zu finden. Dazu wurde die Anlage so geplant, daß wesentliche Plasmaeigenschaften, vor allem die Plasmadichte und die Belastung der Wände, den Verhältnissen in einem späteren Fusionsreaktor angepaßt sind. Insbesondere soll durch genügend hohe Heizleistung dafür gesorgt werden, daß die Energieflüsse durch die Randschicht des Plasmas auf die Wände denen im Fusionsreaktor entsprechen. In der letzten Ausbaustufe sind für die Heizung 27 Megawatt vorgesehen. Unter den Experimenten des Europäischen Fusionsprogrammes ist ASDEX Upgrade daher besonders geeignet, die wichtige Physik der Plasma-Randschicht für den geplanten Testreaktor ITER (Internationaler Thermonuklearer Testreaktor) zu erarbeiten. Der Testreaktor ITER, der gegenwärtig in weltweiter Zusammenarbeit geplant wird, soll erstmals ein gezündetes Plasma erzeugen.

Entwicklungen für die Neutralteilchen-Heizung

Die fertige Neutralteilchen-Heizung, die nun als zuverlässiges Handwerkszeug für ASDEX Upgrade arbeitet, war selbst Gegenstand einer komplexen technologischen Entwicklung. Herzstück der Apparatur sind die vier Ionenquellen: Um Wasserstoffatome beschleunigen zu können, müssen sie zunächst als geladene Teilchen - als Ionen - für die elektrischen Kräfte "greifbar" werden. Aus einer mit neutralem Wasserstoffgas gespeisten Plasmaquelle werden sie als positiv geladene Wasserstoffionen abgesaugt und durch drei hintereinanderliegende metallische Elektroden auf Energien von 55 Kiloelektronenvolt beschleunigt. Hierzu hat man am IPP eine Entwicklung des europäischen Gemeinschaftsexperimentes JET (Joint European Torus) übernommen und an die Anforderungen von ASDEX Upgrade angepaßt. Um die verlangte Heizleistung von 1,5 Megawatt pro Strahlquelle zu erzielen, ist ein hoher Strahlstrom von 85 Ampere notwendig: Aus einer einzelnen Elektrodenöffnung gezogen, wäre dieser Strom durch die entstehende Raumladung begrenzt. Deshalb werden mehrere 100 Einzelstrahlen aus ebensovielen Öffnungen einer gemeinsamen Elektrode, einem sogenannten "Gitter", herausgezogen. Die feinen Einzelstrahlen verschmelzen anschließend zu einem Gesamtstrahl mit etwa tellergroßem Querschnitt. Die Gitterelektroden sind ein handwerkliches Meisterstück: Mit höchster Präzision gefertigt, hält eine ausgefeilte Wasserkühlung jede einzelne Öffnung trotz der hohen Wärmebelastung während des Heizpulses auf hundertstel Millimeter relativ zu ihrem Partner im folgenden Gitter in Position.



Abb. 2: Eine der Elektroden der Neutralteilchen-Heizung. Mehrere 100 Einzelstrahlen beschleunigter Teilchen werden aus den Öffnungen des "Gitters" herausgezogen. Eine ausgefeilte Wasserkühlung hält jede einzelne Öffnung trotz der hohen Wärmebelastung während des Heizpulses auf hundertstel Millimeter relativ zu ihrem Partner im folgenden Gitter konstant.

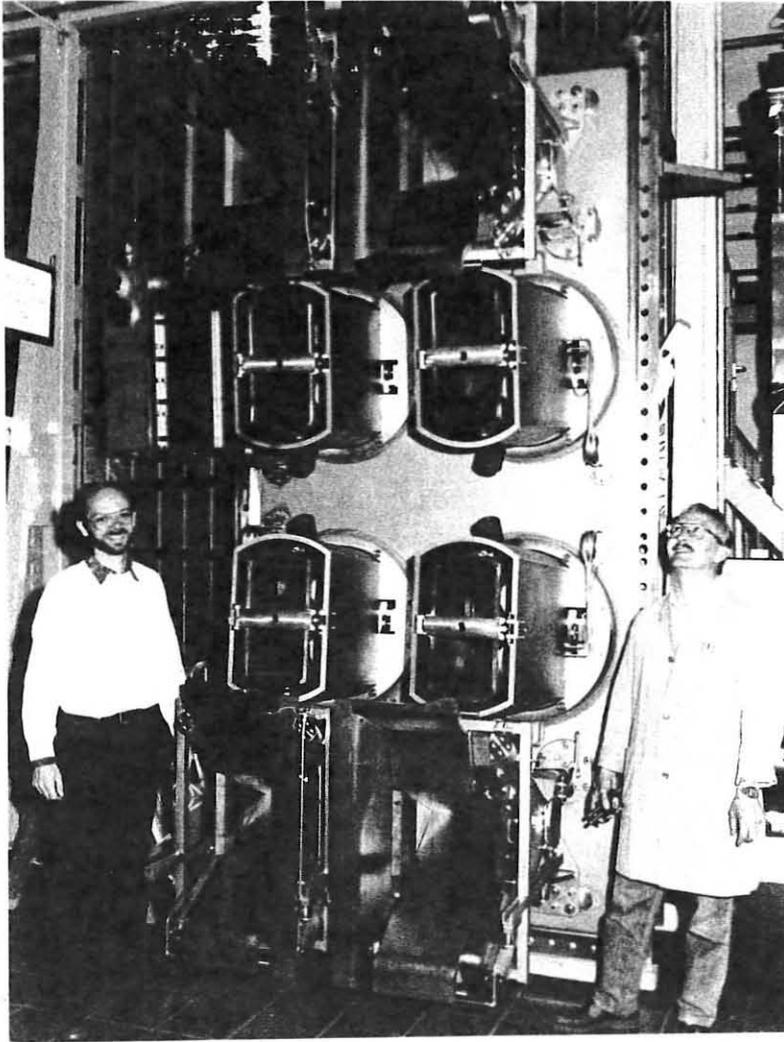


Abb. 3: Blick in das Innere des Neutralteilchen-Injektors: Den vier Heizstrahlen entgegenschauend, erkennt man in der Mitte die vier kupfernen Neutralisationskammern, in denen die Ionen nach der Beschleunigung ihre Ladung verlieren. Am oberen und unteren Rand liegen die zugehörigen "Ionensümpfe", in die die nicht neutralisierten Strahlteilchen zurückgelenkt werden.

Vor dem Einschießen in das Plasma muß der Ionenstrahl wieder neutralisiert werden, damit die schnellen Ionen nicht durch das Magnetfeld des Plasmakäfigs abgelenkt werden. Der hierfür nötige Teil der Heizanlage wurde im IPP neu konzipiert, wobei wiederum bewährte Prinzipien an die speziellen Bedingungen angepaßt wurden: Zum Neutralisieren durchlaufen die Ionen einen Gasvorhang, wo sie ihre Ladung abgeben und nun als schnelle neutrale Teilchen weiterfliegen. Das Umladen gelingt jedoch nur bei einem Teil der Ionen. Der geladene Rest transportiert immerhin noch eine Leistung von 3 Megawatt. Im Magnetfeld des Plasmakäfigs unkontrolliert abgelenkt, könnten sie erheblichen Schaden an der Maschine anrichten. Deshalb werden sie mit einem magnetischen Ablensystem aus dem Strahl herausgezogen und in einen Ionensumpf geführt, wo ihre Energie aufgenommen wird. Ebenfalls entfernt werden muß der beträchtliche Strom an kaltem Neutralgas aus dem Neutralisator. Großflächige Titan-Getterpumpen, ebenfalls eine IPP-Entwicklung, binden das Gas, das sonst die Dichte und Reinheit des Plasmas unerwünscht verändern würde. Die aufgefalteten, einige 10 Quadratmeter großen und mit Titan bedampften Oberflächen können trotz des großen Gasstromes einen Unterdruck von einem Zehnmillionstel des Atmosphärendruckes aufrechterhalten. Ihr Platzbedarf ist einer der Gründe, weshalb die Heizapparatur mit 4,4 Metern Höhe vergleichsweise groß ist.

Übrig bleiben schließlich die neutralisierten Teilchen, die nun mit hoher Geschwindigkeit von über 3000 Kilometern pro Sekunde in 10 Sekunden langen Pulsen durch ein Ventil in das Plasma schießen. Dort werden sie im Magnetfeld eingefangen, wo sie über Stöße ihre Energie an die Plasmateilchen abgeben. Anerkennung bei den Anwendern: "Die Heizung wurde angebaut, eingeschaltet und hat funktioniert. Das ist nicht selbstverständlich für komplexe Systeme dieser Art und ein erheblicher Fortschritt gegenüber früheren Anlagen".

Weiterentwicklungen

Mit der nun vorhandenen Heizleistung ist ASDEX Upgrade für einen großen Teil seines wissenschaftlichen Programmes gerüstet. Wesentliche Themen verlangen jedoch die vorgesehene volle Heizleistung von 27 Megawatt. Projektleiter Dr. Walter Köppendörfer: "Erst dann wird das Experiment wirklich ITER- oder reaktorähnlich. Erst die volle Heizleistung gibt uns den nötigen Spielraum, um unsere experimentellen Ergebnisse richtig bewerten zu können." Die Bestellungen für den zweiten Neutralteilchen-Injektor, die eigentlich bereits 1991 vorgesehen waren, mußten wegen der gegenwärtigen Finanznot der Forschung jedoch auf mehrere Jahre verschoben werden. "Dies trifft die Leistungsfähigkeit dieses modernsten deutschen Fusionsexperimentes an entscheidender Stelle".

Als wichtige technische Verbesserung ist geplant, im zweiten Injektor eine Hochfrequenz-Plasmaquelle zur Herstellung des Ionenstrahls zu verwenden. Eine nach diesem neuartigen Prinzip arbeitende Strahlquelle, die zusammen mit der Universität Gießen entwickelt wurde, wird im IPP gerade getestet. Neben technischen Vereinfachungen verspricht die neue Ionenquelle eine erheblich höhere Zuverlässigkeit und Lebensdauer. Besonders wichtig für zukünftige Anwendungen: Die neue Strahlquelle scheint auch zur Erzeugung negativ geladener Ionen attraktiv. Im Unterschied zu den heutigen Experimenten, die mit Teilchenenergien zwischen 25 und 70 Kiloelektronenvolt arbeiten, sind für größere Anlagen wie den geplanten Testreaktor ITER Teilchenenergien von vielen 100 Kiloelektronenvolt nötig. Eine wirksame Heizung kann hier nur mit Strahlen aus negativen Ionen erreicht werden, die einen höheren und energieunabhängigen Neutralisationsgrad besitzen. Der zweite Injektor von ASDEX Upgrade fördert diese Zukunftsentwicklung.

Isabella Milch

Anmerkung der Redaktion:

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