MAX-PLANCK-INST

PRESSEI

PI 12/94 15.12.1994

# Lösung für ein Reaktorproblem gefunden ? - Fusionsexperiment ASDEX Upgrade gelingt sanfte Energieabfuhr

Mit dem Fusionsexperiment ASDEX Upgrade im Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) in Garching bei München wurde ein Plasmazustand entdeckt, der auch für den geplanten Testreaktor ITER attraktiv wäre. Weitere Studien sollen zeigen, ob die Ergebnisse auf ITER und ein späteres Fusionskraftwerk übertragen werden können.

Ziel der Fusionsforschung ist die Entwicklung eines Fusionskraftwerks, das Energie aus der Verschmelzung von Atomkernen gewinnen soll. Brennstoff ist ein ionisiertes Gas - ein "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: Die Wasserstoffkerne verschmelzen zu Helium, dabei werden Neutronen und nutzbare Energie freigesetzt.

Heute ist eines der zentralen Forschungsthemen die Wechselwirkung des heißen Plasmas mit den umgebenden Wänden: Um zu verhindern, daß das Plasma an seinem Außenrand in Kontakt mit den umgebenden Wänden gerät und dort Verunreinigungen abschlägt, nutzen alle modernen Fusionsexperimente einen sog. Divertor. Nach dem Vorbild des IPP-Experiments ASDEX (Axialsymmetrisches Divertor-Experiment) wird die gesamte äußere Randschicht des Plasmas auf magnetische Weise auf Prallplatten an Boden und Decke des Plasmagefäßes abgelenkt (divertiert). Die Plasmateilchen und Verunreinigungen - in einem brennenden Plasma auch die "Fusionsasche" Helium - treffen dort abgekühlt und vom heißen Zentrum entfernt auf, werden neutralisiert und abgepumpt. Zugleich wird die Gefäßwand geschont und ein Plasmazustand mit guter Wärmeisolation des Brennstoffes erreicht, das H-Regime.

## Das Problem: Ein Divertor für ITER

Diese bewährte Betriebsweise ist auch für den geplanten Testreaktor ITER (Internationaler Thermonuklearer Experimentalreaktor) vorgesehen, der erstmals ein gezündetes und energieliefernde Plasma erzeugen soll. Wegen der hohen Fusionsleistungen ist dies hier jedoch nicht mehr problemlos: Von der insgesamt im ITER-Plasma erzeugten Fusionsleistung von ca. 1500 Megawatt wird zwar der Hauptteil von den entstehenden Fusionsneutronen großflächig auf den Wänden des Plasmagefäßes abgeladen. Die eng gebündelt in den Divertor strömenden Plasmateilchen bringen aber immerhin noch einen Anteil von 300 Megawatt auf die begrenzte Fläche der Divertorplatten. Dies ist wesentlich mehr, als die Platten ohne Zerstörung aushalten können.

/ 2

MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR PLASMAPHYSIK · 85748 Garching b. München · Boltzmannstraße 2
Telefon 089/3299-1288 · Telegramm Plasma München · Fax 089/3299-1001
Bei Abdruck wird um Übersendung eines Belegs gebeten.

Eine mögliche Lösung dieses Problems hat nun das Fusionsexperiment ASDEX Upgrade vorgeführt: Damit nicht die gesamte Energie in Form schneller Plasmateilchen auf die Divertorplatten einprasselt, wurden in die Randschicht des Plasmas gezielt Verunreinigungen - Atome des Edelgases Neon - eingeblasen. Durch den Kontakt mit dem heißen Plasma werden sie zum Leuchten angeregt und schaffen so die Energie auf sanfte Weise als Ultraviolett- oder Röntgenlicht aus dem Plasma.

Anders als im heißen Plasmazentrum, wo diese abkühlende Wirkung vermieden werden muß, sind Verunreinigungen am Rand des Plasmas also äußerst nützlich: Bevor die Plasmateilchen auf den Divertorplatten ankommen, haben sie ihre Energie bereits an die Neonatome verloren. Über 90 Prozent der Leistung, die die Heizung in das Plasma von ASDEX Upgrade pumpt, landet als unschädliche Lichtstrahlung der Neonteilchen großflächig verteilt auf den Wänden des Plasmagefäßes. Infolgedessen war trotz 8 Megawatt Heizleistung keine nennenswerte Erhitzung der Divertorplatten festzustellen; der Energiefluß auf die Platten war nahezu verschwunden. Die heißen Plasmazonen liegen "abgelöst" in sicherer Entfernung von den Divertorplatten. Entsprechend wurde der neue Plasmazustand CDH-Regime (Completely Detached High-Confinement Regime) getauft. Denn die Wärmeisolation des "abgelösten" Plasmazustandes entspricht den günstigen Werten des H-Regimes. Störende Verunreinigungsanhäufungen im Plasmazentrum oder andere negative Effekte wurden dabei bisher nicht beobachtet.

**Neuer Plasmazustand**

Um den neuen Plasmazustand stationär zu halten, wird die Neonkonzentration im Plasma über einen Regelkreis gesteuert, der das Verhältnis der abgestrahlten Lichtleistung zur eingesetzten Heizleistung konstant hält. Dazu mißt man die Lichtleistung während der Entladung. Aus diesen Daten und der augenblicklichen Heizleistung bestimmt ein schneller Rechner dann den gerade erforderlichen Neon-Durchfluß und steuert entsprechend das Neon-Einlaßventil. Für die Abfuhr des Neons sorgen dann Pumpen im Divertorraum.

Die Idee der Leistungsabfuhr durch eine "strahlende Randschicht" läßt sich bis in die siebziger Jahre zurückverfolgen. Erste Beobachtungen wurden vielerorts, im IPP zum Beispiel an den Experimenten WENDELSTEIN 7-A und ASDEX gemacht. Bis zu den Planungen für ITER gab es jedoch keine praktische Notwendigkeit, dieses Konzept experimentell zu vertiefen. Daß eine mit Neon verunreinigte Randschicht prinzipiell zur geregelten Leistungsabfuhr geeignet ist, wurde kürzlich am Limitertokamak TEXTOR im Forschungszentrum Jülich gezeigt.

ASDEX Upgrade ist die erste Anlage, die das Konzept der strahlenden Randschicht mit einem reaktorrelevanten Divertor verwirklichen konnte. Der dabei entdeckte neue Plasmazustand, das CDH-Regime mit seiner sanften Energieabfuhr und einem sauberen und wärmeisolierten Plasma, "wäre die perfekte Betriebsweise für ITER", so Dr. Arne Kallenbach vom ASDEX-Team, "wenn er sich auf ITER übertragen läßt". Um dies zu klären, stehen noch Untersuchungen mit höherer Heiz- und Strahlungsleistung aus sowie Studien mit verbesserten Divertorkonzepten. Beides soll in den nächsten Jahren an ASDEX Upgrade geschehen. *Isabella Milch*

*Anmerkung der Redaktion:* Dieser Text steht Ihnen zur beliebigen Auswertung auch ohne Namensnennung zur Verfügung. Weitere Informationen erhalten Sie unter: Tel. 089/3299-1288.

Das Max-Planck-Institut für Plasmaphysik ist dem von Euratom koordinierten europäischen Fusionsprogramm assoziiert, zu dem sich die Fusionslaboratorien der Europäischen Union sowie Schwedens und der Schweiz zusammengeschlossen haben.