

PI 11/98

8.12.1998

Verbesserte Wärmeisolation an Garching Fusionsanlage

Gute Nachricht für den internationalen Testreaktor ITER

Einen stabilen Plasmazustand mit verbesserter Wärmeisolation konnte das Fusionsexperiment ASDEX Upgrade im Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) in Garching bei München erzeugen: Eine "interne Barriere" hemmt den Energieverlust vom heißen Plasmazentrum nach außen. Der Garchinger Anlage brachte dies den bisherigen Betriebsrekord für die Plasmawerte. Für den geplanten internationalen Testreaktor ITER könnte die neue Betriebsweise die Verschlechterung des Plasmaverhaltens ausgleichen, die mit der kürzlich vorgeschlagenen Verkleinerung der Anlage verbunden ist. Das Plasma des verkleinerten ITER besäße damit eine vergleichbare Zündwahrscheinlichkeit wie die ursprünglich geplante Anlage.

Ziel der Fusionsforschung ist es, die Energieproduktion der Sonne auf der Erde nachzuvollziehen und ein Kraftwerk zu entwickeln, das aus der Verschmelzung von Atomkernen Energie gewinnt. Brennstoff ist ein dünnes, ionisiertes Wasserstoffgas, ein "Plasma". Zum Zünden des Fusionsfeuers muß das Plasma gut isoliert in Magnetfeldern eingeschlossen und auf Temperaturen über 100 Millionen Grad aufgeheizt werden.

Warm eingepackt

Je besser dabei die erreichbare Wärmeisolation durch das Magnetfeld ist, umso kleiner kann das Plasmavolumen und damit die gesamte Anlage sein. Die besten Werte erhielt man bislang in dem sogenannten "High Confinement-Regime", kurz H-Regime. In dem 1980 im IPP entdeckten Plasmazustand steigt die Wärmeisolation auf rund das Doppelte des normalen. Das H-Regime ist der in den bisherigen Planungen für ITER und ein späteres Kraftwerk vorgesehene Betriebszustand. Die gute Isolation wird hervorgerufen durch eine Transportbarriere am Plasmarand, die durch eine besondere Magnetfeldanordnung, den Divertor, erzeugt wird. Er sorgt sowohl für die geeignete Form des Plasmarandes als auch für das Entfernen von Verunreinigungen aus dem Plasma. Im Fusionsexperiment ASDEX Upgrade ist es nun gelungen, dieses H-Regime zu kombinieren mit einer zusätzlichen "internen Transportbarriere" näher am Plasmazentrum. Die Wärmeisolation verbessert sich damit nochmals um 25 Prozent. Erstmals konnte dieser Zustand nicht nur vorübergehend erzeugt werden, sondern über die gesamte Dauer der Entladungen stabil.

Um die interne Barriere aufzubauen, erzwang man für den im Plasma fließenden Strom - der in Fusionsanlagen vom Typ Tokamak einen Teil des magnetischen Käfigs aufbaut - ein festes Profil. Während sich normalerweise die Stromstärke im heißen Plasmazentrum stark zuspitzt, wurde nun ein flacheres Stromprofil eingestellt. Mit der Neutralteilchenheizung bereitete man dazu dem Strom

den richtigen Pfad im Plasma vor. In langen Meßreihen wurde hier der richtige Zeitpunkt zu Beginn der Entladung und die richtige Heizleistung gesucht. Das resultierende Strom-Profil bleibt ohne aktive Regelung über die gesamte Entladung erhalten und ist Ursache für die Transportbarriere.

Konsequenzen für ITER

Aufgabe des geplanten internationalen Testreaktors ITER ist es, erstmals ein für längere Zeit energielieferndes Plasma mit Fusionsleistungen bis zu 1500 Megawatt zu erzeugen. Nach bisheriger Planung sollen zudem wesentliche technische Funktionen eines Fusionskraftwerks getestet werden. Obwohl 1998 mit Fertigstellung des ITER-Entwurfs aus wissenschaftlich-technischer Sicht eine ausreichende Grundlage für den Bau der Anlage vorhanden war, wurde die Planungsphase um drei Jahre verlängert. Angesichts der wachsenden Finanzschwierigkeiten in den Partnerländern - Europa, Japan, der russischen Föderation und den USA - soll als Entscheidungsalternative nun der ITER-Entwurf kostensparend modifiziert werden. Dabei sind die technischen Ziele der Anlage so abzuschwächen, daß die programmatischen Ziele nicht verletzt werden. Eine Reduktion des Plasmavolumens von ursprünglich 2000 auf etwa 1200 Kubikmeter könnte die ursprünglich veranschlagten Kosten von 13 Milliarden Mark ungefähr halbieren.

Auch der so auf eine Fusionsleistung von 500 Megawatt verkleinerte ITER könnte das angestrebte energieliefernde Plasma mit positiver Energiebilanz produzieren, aller Wahrscheinlichkeit nach aber nicht mehr ganz selbständig. Das mit der Verkleinerung einhergehende Absinken der Wärmeisolation des Plasmas würde eine stete Unterstützung durch die Plasmaheizung nötig machen. Der neue Betriebszustand mit interner Barriere könnte diese Verschlechterung jedoch wieder ausgleichen: Der verkleinerte ITER wird damit eine vergleichbare Zündwahrscheinlichkeit besitzen wie die ursprünglich geplante größere Anlage.

Pläne für ASDEX Upgrade

Für Fusionsanlagen vom Typ Tokamak ist es im Hinblick auf ein künftiges Fusionskraftwerk wichtig, die Anlagen vom Puls- zum Dauerbetrieb zu bringen. Dazu muß der Plasmastrom von außen getrieben werden und nicht mehr über den nur pulsweise arbeitenden Transformator: So wurde in den Entladungen mit interner Barriere der Strom nur noch zu 70 Prozent per Transformator erzeugt; 10 Prozent des Stroms trieb die Neutralteilchenheizung und 20 Prozent trug ein sich automatisch einstellender, mit der Transportbarriere verbundener Strom bei, der sog. Bootstrap-Strom. Auf die beiden letzteren setzt man bei allen Versuchen, den Tokamak dauerbetriebsfähig zu machen. Ob und wie sich dieses Ziel mit anderen Erfordernissen - zum Beispiel Stabilität, Verunreinigungskontrolle und Energieabfuhr bei hohen Leistungen - vereinen läßt, wird einer der künftigen Arbeitsschwerpunkte von ASDEX Upgrade sein.

Isabella Milch

Anmerkung: Dieser Text ist abrufbar unter der IPP-Adresse im Internet: <http://www.ipp.mpg.de>
Weitere Informationen erhalten Sie unter Tel. Nr. (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 und der Schweiz zusammengeschlossen haben.