

PI 10/01

14.8.2001-

Erfolgreicher Divertor-Betrieb an WENDELSTEIN 7-AS

Vorarbeiten für WENDELSTEIN 7-X / Erster Divertor in einem WENDELSTEIN-Stellarator

An WENDELSTEIN 7-AS im Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) in Garching haben die ersten Divertor-Experimente an einem WENDELSTEIN-Stellarator vielversprechende Ergebnisse geliefert. Mit der neuen Komponente, die für die Reinhaltung des Plasmas sorgt, konnten Plasmen mit guten Einschluss-Eigenschaften und bisher unerreichbar hoher Dichte erzeugt werden - noch über den Kraftwerkszielwert hinaus. Wie gewünscht nimmt die Wärmeisolation des Plasmas - die Energieeinschlusszeit - mit steigender Dichte zu, während die Einschlusszeit für Teilchen und Verunreinigungen abnimmt. Die unerwünschte Ansammlung von Verunreinigungen im Plasma wird damit unterbunden; volle Dichtekontrolle und quasi-stationärer Betrieb werden möglich.



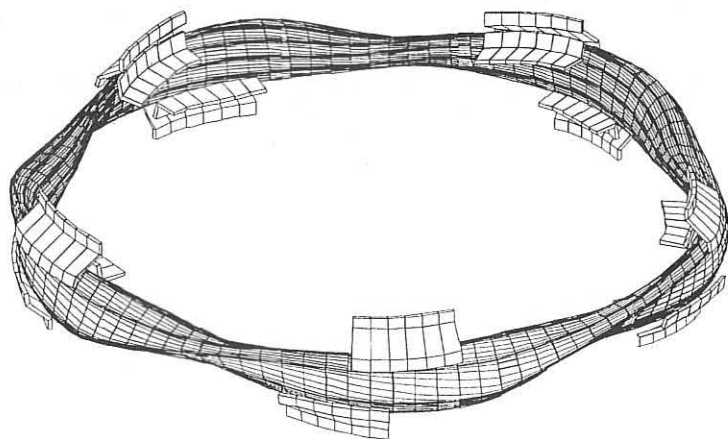
Abb. 1: Einbau der Divertor-Bauteile in das Plasmagefäß von WENDELSTEIN 7-AS

Ziel der Fusionsforschung ist die Entwicklung eines Kraftwerks, das - ähnlich wie die Sonne - Energie aus der Verschmelzung von Atomkernen erzeugen soll. Brennstoff ist ein dünnes ionisiertes Gas - ein „Plasma“ - aus den beiden Wasserstoffsorten Deuterium und Tritium. Zum Zünden des Fusionsfeuers muss der Brennstoff in einem ringförmigen Magnetfeldkäfig eingeschlossen und auf Temperaturen über 100 Millionen Grad aufgeheizt werden. Weltweit als einziges Institut betreibt das IPP die beiden wesentlichen Anlagentypen - Tokamak und Stellarator - parallel zueinander.

Zu den Kernfragen, die Tokamak und Stellarator gleichermaßen beschäftigen, gehören die Wärmeisolation des heißen Plasmas, die von der Güte des magnetischen Einschlusses abhängt, und die erreichbare Plasmareinheit. Die Tokamaks führte aus diesen Problemen 1982 die IPP-Anlage ASDEX (Axialsymmetrisches Divertor-Experiment) heraus: Ein zusätzliches Magnetfeld - der Divertor - lenkte die Randschicht des Plasmas auf speziell

ausgerüstete Prallplatten am Boden des Plasmagefäßes. Hier wurden die Plasmateilchen zusammen mit Verunreinigungen neutralisiert und abgepumpt. In einem späteren Kraftwerk soll so auch die „Asche“ des Fusionsprozesses - das bei der Verschmelzung von Deuterium und Tritium entstehende Helium - entfernt werden. Zugleich hüllt die Randschicht das zentrale Plasma wie ein wärmender Mantel ein, so dass eine verbesserte Wärmeisolation erreicht wird.

Mittlerweile sind alle modernen Tokamaks mit Divertor ausgerüstet; auch für ITER und für ein Kraftwerk ist das Bauteil vorgesehen. Mit WENDELSTEIN 7-AS wurde nun erstmals auch ein größerer Stellarator mit Divertor ausgestattet. Anders als beim Tokamak spaltet sich der Plasmarand eines Stellarators ohne weitere Maßnahmen - der Symmetrie des Magnetfeldes folgend - in einzelne Ausläufer auf. Diese sogenannten „Inseln“ liegen aneinandergereiht wie die Perlen einer Kette um den Querschnitt des Plasmas und lenken Energie und Teilchen auf begrenzte Bereiche der Gefäßwand. Werden diese Flächen - ähnlich wie im Divertor-Tokamak - durch Prallplatten geschützt, dann können die hier auftreffenden Teilchen zusammen mit den Verunreinigungen aus dem Plasma entfernt werden.



*Abb. 2:
Plasmaring und
Divertorplatten
von WENDEL-
STEIN 7-AS*

Vorbereitet durch umfangreiche Modellrechnungen wurden in WENDELSTEIN 7-AS im vergangenen Jahr zunächst Kontrollspulen montiert, mit denen die Inseln am Plasmarand vergrößert oder verkleinert werden können. Anschließend wurden Prallplatten und Pumpen eingebaut - keine einfache Aufgabe angesichts der komplexen Stellaratorgeometrie, die, so Cheftechniker Günter Zangl, „keine einzige gerade Fläche bietet“. Insgesamt zehn Divertor-Module, die sich in ihrer Form den Windungen des Plasmaschlauches anpassen, wurden ober- und unterhalb des Plasmaquerschnittes installiert. Mit kohlefaser-verstärktem Kohlenstoff belegt, widerstehen sie den großen Wärmebelastungen aus dem Plasma. Bei den erzielten hohen Plasmadichten bleibt die Belastung der Divertorplatten aber moderat: Bis zu 90 Prozent der Wärmeleistung aus dem Plasma können

schonend als Lichtstrahlung - und nicht durch energiereiche Teilchen - an die Platten abgegeben werden.

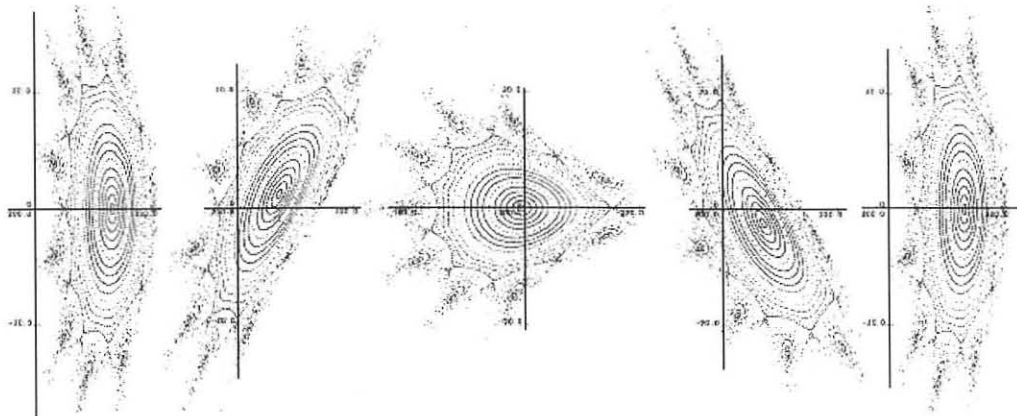


Abb. 3: Querschnitte durch das WENDELSTEIN-Plasma: Am Plasmarand erkennt man die „Inseln“ - Ausläufer, an denen entlang die Plasmateilchen auf ober- und unterhalb des Plasmaringes liegende Divertorplatten laufen.

Wie die Ergebnisse der ersten Experimentierkampagne von März bis Juli 2001 zeigen, hat sich der erste Divertor an einem WENDELSTEIN-Stellarator für die Verunreinigungs- und Dichtekontrolle ausgezeichnet bewährt. Einzig die Plasmatemperatur lässt noch Wünsche offen: In der kleinen Maschine mit beschränkter Heizleistung bleibt sie wegen der hohen Plasmadichte mit 5 Millionen Grad moderat. In weiteren Experimenten sollen nun die physikalischen Details geklärt werden.

Die gewonnenen Informationen sind insbesondere von Bedeutung für den Nachfolger WENDELSTEIN 7-X, der gegenwärtig im Teilinstitut Greifswald des IPP entsteht. Für die hier geplanten langen Entladungen von 30 Minuten Dauer ist die Kontrolle von Plasmadichte und Verunreinigungen besonders wichtig. WENDELSTEIN 7-X, der - anders als sein kleinerer Vorgänger in Garching - von vorneherein mit Divertor ausgerüstet ist, soll die Kraftwerkstauglichkeit des Stellarators demonstrieren.

Isabella Milch

Anmerkung:

Der Text steht zur beliebigen Auswertung auch ohne Namensnennung zur Verfügung. Er ist im Internet abrufbar unter der IPP-Adresse: <http://www.ipp.mpg.de>. Die Abbildungen sowie 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 und der Schweiz zusammengeschlossen haben.