

PI 7/15

16.7.2015

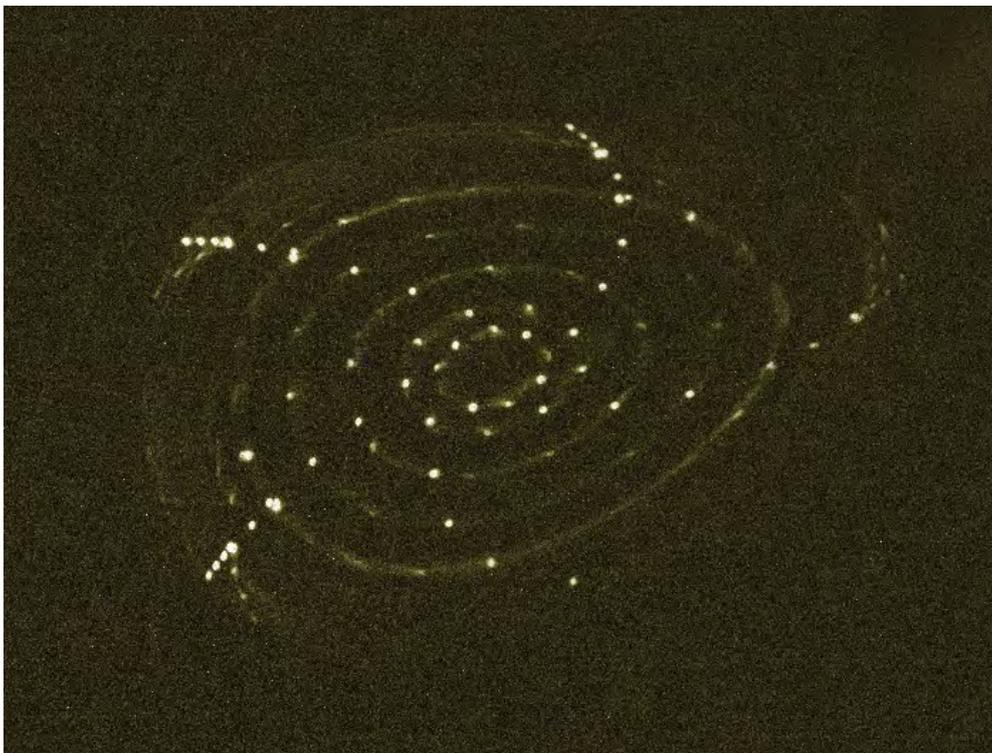
Erste Messung des Magnetfelds von Wendelstein 7-X – es passt!

Geschlossene Flussflächen nachgewiesen / Voraussetzung für Stellaratorbetrieb bestätigt

Schneller als geplant konnte jetzt die Prüfung des Magnetfeldes in der Fusionsanlage Wendelstein 7^X abgeschlossen werden. Die im Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) in Greifswald mit Spannung erwarteten Messungen zeigen: Die supraleitenden Magnetspulen, deren technischer Test erst letzte Woche beendet wurde (siehe IPP-Info 6/15), erzeugen das gewünschte Magnetfeld. Der magnetische Käfig für das viele Millionen Grad heiße Fusionsplasma hat die von den Physikern berechnete Gestalt. Ein wesentlicher Meilenstein der gerade laufenden Betriebsvorbereitungen ist damit erreicht. Noch in diesem Jahr soll Wendelstein 7-X das erste Plasma erzeugen.

Obwohl Wendelstein 7-X noch nicht in Betrieb ist, liefert das Experiment bereits die ersten wissenschaftlichen Resultate: Das Magnetfeld entspricht genau dem was nötig ist, um heiße Fusionsplasmen einzuschließen. Dies zeigen die ersten Messungen der Feldstruktur: „Wir haben schöne geschlossene Flussflächen“, freut sich der zuständige IPP-Bereichsleiter Prof. Dr. Thomas Sunn Pedersen.

Wie baut man einen Magnetfeldkäfig für das Plasma? Die Fusionsforscher nutzen aus, dass die geladenen Plasmateilchen – Ionen und Elektronen – von elektromagnetischen Kräften auf engen Spiralbahnen um magnetische Feldlinien gehalten werden. Von einem geeignet geformten Feld wie auf Schienen geführt, können die schnellen Teilchen daher von den Wänden des Plasmagefäßes



Der Beweis: Der Fluoreszenzstab macht geschlossene, ineinander liegende magnetische Flächen sichtbar – der Magnetfeldkäfig für das Plasma ist so wie er sein soll. (Foto: IPP, Matthias Otte)

ferngehalten werden. Für einen „dichten“ Käfig müssen die Feldlinien im Zentrum des ringförmigen Plasmagefäßes geschlossene, ineinander geschachtelte Ringflächen aufspannen – wie die ineinander liegenden Jahresringflächen eines Baumstamms. So werden nach außen weisende Feldlinien vermieden, die die Plasmateilchen auf die Wände führen würden. Die nötigen hohen Plasmatemperaturen wären sonst unerreichbar.

„Nachdem die Flussflächen-Diagnostik in Betrieb genommen wurde, konnten wir sofort erste magnetische Flächen sehen“, berichtet Dr. Matthias Otte, der für das Messverfahren verantwortlich ist: „Unsere Aufnahmen zeigen deutlich, wie die Magnetfeldlinien in vielen toroidalen Umläufen geschlossene Flächen aufbauen“. Mit der Flussflächen-Diagnostik lässt sich die Struktur des Feldes genau vermessen. Dazu wird ein dünner Elektronenstrahl eingeschossen, der sich entlang einer Feldlinie in Ringbahnen durch das leergepumpte Plasmagefäß bewegt. Er hinterlässt dabei eine Leuchtspur, die durch Stöße der Elektronen mit Restgas im Gefäß entsteht. Schwenkt man nun noch einen fluoreszierenden Stab durch den Gefäßquerschnitt, entstehen zusätzlich Leuchtflecke, wenn der Elektronenstrahl den Stab trifft. In der Kameraaufzeichnung wird so nach und nach der gesamte Querschnitt des magnetischen Feldes sichtbar.

Während einer rund 60 Sekunden dauernden Einzelmessung läuft der Elektronenstrahl auf „seiner“ Feldlinie viele Male im ringförmigen Plasmagefäß um und legt dabei einige Kilometer zurück. Die



Flussflächen-Diagnostik: Das Foto kombiniert die Leuchtspur eines Elektronenstrahls auf seinem vielfachen Umlauf längs einer Feldlinie durch das Plasmagefäß mit den Bildpunkten, die er auf einem fluoreszierenden Stab hinterlässt, der durch die Bildebene geschwenkt wird. Der schnell bewegte Stab ist wegen der langen Belichtungszeit nicht zu sehen. (Foto: IPP, Matthias Otte)

verschraubte Feldlinie führt ihn nach jedem Umlauf leicht versetzt durch die Schnittebene, durch die der Stab schwenkt. Aus den Leuchtpunkten auf dem Stab setzt sich nach und nach das Bild des Feldquerschnitts zusammen. Und tatsächlich: In gepunkteten Linien zeigten sich die gewünschten ineinander geschachtelten Flussflächen. „Nach der aufwändigen Montagezeit sind wir jetzt sehr glücklich über die guten Messergebnisse“, sagt Professor Sunn Pedersen: „Die Flussflächen sehen so aus, wie wir sie haben wollten“.

Hintergrund

Ziel der Fusionsforschung ist es, ein klima- und umweltfreundliches Kraftwerk zu entwickeln, das ähnlich wie die Sonne aus der Verschmelzung von Atomkernen Energie gewinnt. Um das Fusionsfeuer zu zünden, muss in einem späteren Kraftwerk der Brennstoff – ein Wasserstoffplasma – in Magnetfeldern eingeschlossen und auf Temperaturen über 100 Millionen Grad aufgeheizt werden. Wendelstein 7-X, die nach der Fertigstellung weltweit größte Fusionsanlage vom Typ Stellarator, wird noch keine Energie erzeugen, aber die Kraftwerkseignung dieses Bautyps untersuchen. Mit bis zu 30 Minuten langen Entladungen soll sie seine wesentliche Eigenschaft vorführen, die Fähigkeit zum Dauerbetrieb.

Ein Ring aus 50 supraleitenden, etwa 3,5 Meter hohen Magnetspulen ist das Kernstück der Anlage. Durch flüssiges Helium auf Supraleitungstemperatur nahe dem absoluten Nullpunkt abgekühlt, verbrauchen sie nach dem Einschalten kaum Energie. Ihre speziellen Formen sind das Ergebnis ausgefeilter Optimierungsrechnungen: Sie sollen einen besonders wärmeisolierenden magnetischen Käfig für das Plasma aufbauen.

Im Mai 2014 wurde die Montage von Wendelstein 7-X termingerecht abgeschlossen; seit gut einem Jahr laufen die Betriebsvorbereitungen. Nacheinander wird die Funktion aller technischen Systeme geprüft. Von Ende April bis Anfang Juli 2015 waren die Magnetspulen an der Reihe. Nachdem die Funktionsfähigkeit dieser zentralen Anlagenkomponente sichergestellt war, folgte das Ausmessen der magnetischen Flächen. Nun steht noch die Einstellung der computergestützten Datenerfassung für den Experimentierbetrieb aus, in der Peripherie der Anlage sind die Apparaturen zum Beobachten und zum Aufheizen des Plasmas zu vervollständigen. Das Ziel: Noch in diesem Jahr soll Wendelstein 7-X das erste Plasma erzeugen.

Isabella Milch