

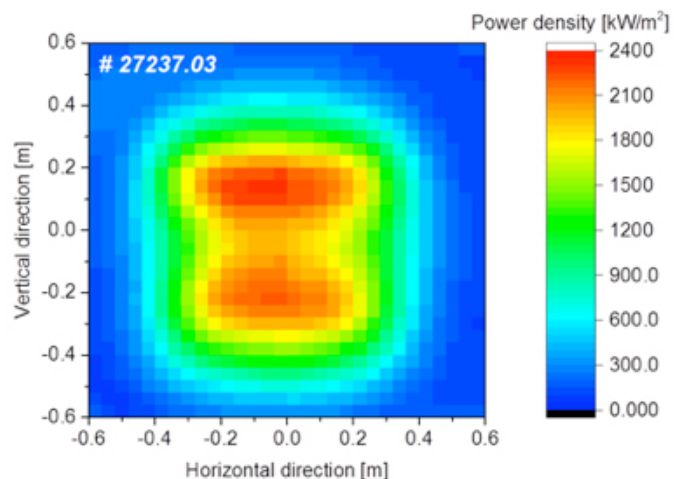
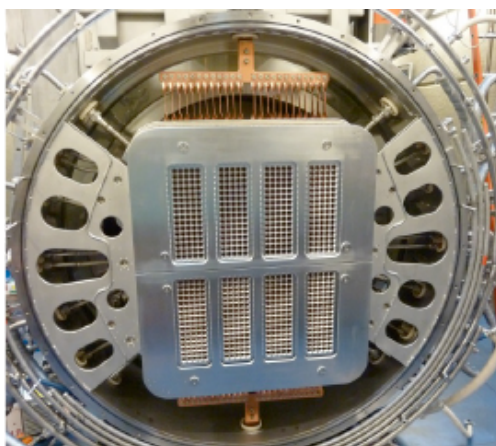
IPP-Teststand ELISE erreicht erstes ITER-Ziel

Neutralteilchenheizung für ITER / Strahl schneller Wasserstoff-Teilchen für die Plasmaheizung

Der Heizstrahl im Teststand ELISE des Max-Planck-Instituts für Plasmaphysik (IPP) in Garching bei München hat die ITER-Werte erreicht: Erzeugt wurde für 1000 Sekunden ein Teilchenstrahl aus negativ geladenen Wasserstoff-Ionen in der für ITER gewünschten Stromstärke von 23 Ampere. Mit ELISE wird eine der Heizmethoden vorbereitet, die das Plasma des internationalen Fusions-testreaktors ITER auf viele Millionen Grad bringen sollen. Kernstück ist eine im IPP entwickelte neuartige Hochfrequenz-Ionenquelle, die den energiereichen Teilchenstrahl erzeugt.

Der internationale Testreaktor ITER (lat.: der Weg), der zurzeit in weltweiter Zusammenarbeit in Frankreich aufgebaut wird, soll zeigen, dass ein Energie lieferndes Fusionsfeuer möglich ist. Ähnlich wie die Sonne soll ein künftiges Fusionskraftwerk aus der Verschmelzung von Atomkernen Energie gewinnen. Der Brennstoff – ein Wasserstoffplasma – muss dazu berührungsfrei in einem Magnetfeldkäfig eingeschlossen und auf Zündtemperaturen über 100 Millionen Grad aufgeheizt werden. 500 Megawatt Fusionsleistung soll ITER erzeugen – zehnmal mehr, als zuvor zur Heizung des Plasmas aufgewendet wurde.

Diese Plasmaheizung wird etwa zur Hälfte die „Neutralteilchen-Heizung“ übernehmen: Schnelle Wasserstoffatome, die durch den Magnetfeldkäfig hindurch in das Plasma hineingeschossen werden, geben über Stöße ihre Energie an die Plasmateilchen ab. Dazu erzeugt eine Ionenquelle



Links: Eines der Beschleunigungsgitter, die in der Ionenquelle ELISE die Wasserstoff-Ionen auf Geschwindigkeit bringen. Durch 640 kleine Löcher in der etwa einen Quadratmeter großen Gitterfläche wird der Teilchenstrahl in Einzelstrahlen herausgezogen.

Rechts: Infrarot-Foto des Kalorimeters, das die Leistungsdichte des erzeugten Teilchenstrahls misst. Der aufprallende Strahl besitzt die von ITER verlangte Stromstärke und zeigt den gewünschten homogenen Querschnitt. (Die kleinen Quadrate, aus denen sich das Bild zusammensetzt, entsprechen den einzelnen Messfeldern, aus denen das Kalorimeter aufgebaut ist.) (Abbildungen: IPP)

aus Wasserstoff-Gas geladene Wasserstoff-Ionen, die durch hohe Spannung beschleunigt und anschließend wieder neutralisiert werden, um – als schnelle Wasserstoff-Atome – ungehindert durch den Magnetfeldkäfig in das Plasma eindringen zu können.

Auf diese Weise bringen heutige Heizungen, zum Beispiel an der IPP-Fusionsanlage ASDEX Upgrade in Garching, das Plasma per Knopfdruck auf ein Mehrfaches der Sonnentemperatur. Die Großanlage ITER stellt jedoch erhöhte Anforderungen: So müssen die Teilchenstrahlen viel dicker und die einzelnen Teilchen viel schneller sein als bisher, damit sie tief genug in das voluminöse ITER-Plasma eindringen können: Zwei Teilchenstrahlen mit etwa türgroßem Querschnitt sollen 16,5 Megawatt Heizleistung in das ITER-Plasma einspeisen. Die in heutigen Fusionsanlagen genutzten Teilchenstrahlen, die mit etwa tellergroßem Querschnitt und wesentlich kleinerer Geschwindigkeit auskommen, wird ITER damit weit hinter sich lassen.

Anstelle der bisher zur Beschleunigung genutzten elektrisch positiv geladenen Ionen – die sich bei hohen Energien nicht mehr effektiv neutralisieren lassen – müssen für ITER daher negativ geladene Ionen verwendet werden, die extrem fragil sind. Eine dazu im IPP entwickelte Hochfrequenz-Ionenquelle wurde als Prototyp in den ITER-Entwurf aufgenommen. Auch der Auftrag zur Weiterentwicklung und Anpassung an die ITER-Anforderungen ging Ende 2012 an das IPP.

An dem Teststand ELISE (Extraction from a Large Ion Source Experiment) wird eine Quelle untersucht, die halb so groß ist wie eine spätere ITER-Quelle. Sie erzeugt einen Ionenstrahl von rund einem Quadratmeter Querschnittsfläche. Mit dem gewachsenen Format mussten die bisherigen technischen Lösungen für das Heizverfahren überarbeitet werden (siehe PI 2/2015). Schritt für Schritt ist ELISE in neue Größenordnungen vorgedrungen. „Den von ITER gewünschten, rund 23 Ampere starken Teilchenstrahl aus negativ geladenen Wasserstoff-Ionen konnten wir nun erzeugen, stabil, homogen und 1000 Sekunden andauernd“, sagt Professor Dr. Ursel Fantz, Leiterin des Bereichs ITER-Technologie und -Diagnostik im IPP: „Auch der Gasdruck in der Quelle und die Menge der zurückgehaltenen Elektronen entsprachen den ITER-Vorgaben“. Nur die von ITER verlangte Stromdichte des Ionenstrahls wurde nicht ganz erreicht, was an der begrenzten Leistungsfähigkeit der zur Verfügung stehenden Hochspannungsversorgung liegt.

Wie geht es weiter?

Nachdem ELISE die von ITER geforderte Stromstärke mit normalem Wasserstoff jetzt erreicht hat, will man nun Teil zwei der Aufgabe in Angriff nehmen und Ionen-Strahlen aus der schweren Wasserstoff-Variante Deuterium erzeugen – dies allerdings nicht für 1000 Sekunden, sondern für eine Stunde. Das System in Originalgröße wird das italienische Fusionsinstitut der ENEA in Padua untersuchen und dabei mit dem IPP zusammenarbeiten. Die Testanlage SPIDER (Source for Production of Ion of Deuterium Extracted from Radio Frequency Plasma) ging Anfang Juni in Padua in Betrieb. Ihre Zieldaten: einstündige Pulse mit vollem ITER-Strahlquerschnitt und 6 Megawatt Leistung in Wasserstoff und Deuterium.

Isabella Milch