

PI 4/18

25.6.2018

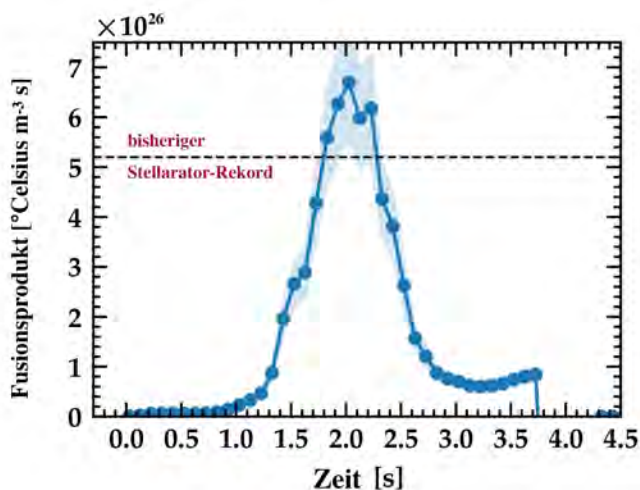
Wendelstein 7-X erreicht Weltrekord

Stellarator-Rekord für Fusionsprodukt / Erste Bestätigung für Optimierung

Höhere Temperaturen und Dichten des Plasmas, längere Pulse und den weltweiten Stellarator-Rekord für das Fusionsprodukt hat Wendelstein 7-X in der zurückliegenden Experimentierunde erreicht. Zudem fand man erste Bestätigungen für das Wendelstein 7-X zugrundeliegende Optimierungskonzept. Wendelstein 7-X im Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) in Greifswald, die weltweit größte Fusionsanlage vom Typ Stellarator, soll die Kraftwerkseignung dieses Bautyps untersuchen.

Im Unterschied zur ersten Experimentierunde 2015/16 ist das Plasmagefäß von Wendelstein 7-X seit September letzten Jahres mit einer Innenverkleidung ausgerüstet (siehe PI 8/2017). Kacheln aus Grafit bedecken jetzt die Gefäßwände und machen höhere Temperaturen und längere Plasmaentladungen möglich. Mit dem sogenannten Divertor lässt sich darüber hinaus die Reinheit und Dichte des Plasmas regeln: In zehn breiten Streifen an der Wand des Plasmagefäßes folgen seine Kacheln der verwundenen Kontur des Plasmarandes. So schützen sie speziell die Wandbereiche, auf die entweichende Teilchen aus dem Rand des Plasmarings gezielt gelenkt werden. Zusammen mit Verunreinigungen werden die auftreffenden Teilchen hier neutralisiert und abgepumpt.

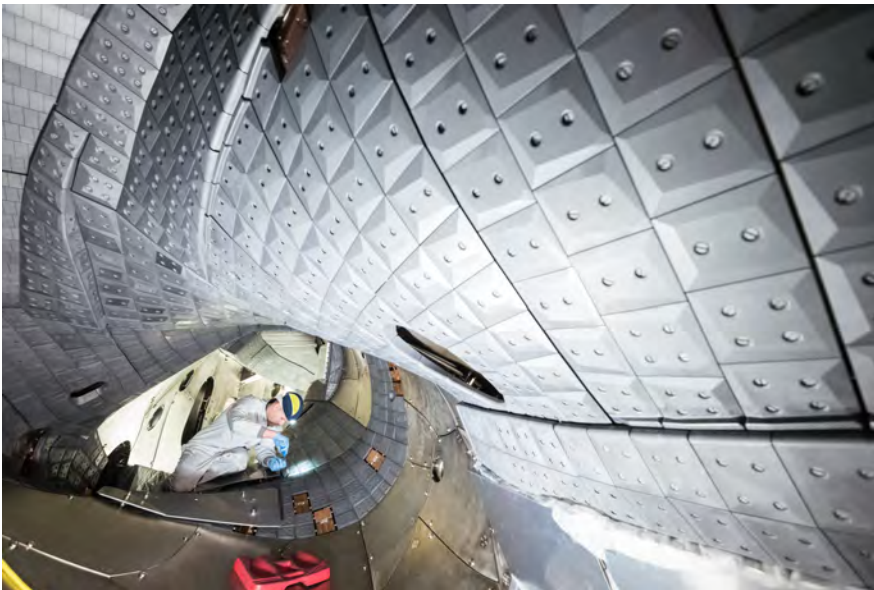
„Die ersten Erfahrungen mit den neuen Wandelementen sind ausgesprochen positiv“, sagt Professor Dr. Thomas Sunn Pedersen. Waren am Ende der ersten Kampagne Pulsdauern von sechs Sekunden zu erreichen, sind nun bis zu 26 Sekunden lange Plasmen möglich. Dabei konnten bis zu 75 Megajoule Heizenergie in das Plasma eingespeist werden – 18 Mal mehr als in der ersten Betriebsrunde ohne Divertor. Auch die Heizleistung konnte erhöht werden – eine Voraussetzung für hohe Plasmadichte.



Auf diese Weise wurde ein Rekordwert für das „Fusionsprodukt“ erreicht. Dieses Produkt aus Iontemperatur, Plasmadichte und Energieeinschlusszeit gibt an, wie nahe man den Reaktorwerten für ein brennendes Plasma kommt. Bei rund 40 Millionen Grad Iontemperatur und einer Dichte von $0,8 \times 10^{20}$ Teilchen pro Kubikmeter hat Wendelstein 7-X ein Fusionsprodukt von gut 6×10^{26} Grad mal Sekunde pro Kubikmeter erreicht – weltweiter Stellarator-Rekord. „Dies ist ein für die Größe der Maschine ausgezeichneter Wert, der zudem unter

realistischen Bedingungen, d.h. bei hoher Temperatur der Plasma-Ionen erreicht wurde“, so Professor Sunn Pedersen. Die erzielte Energieeinschlusszeit – ein Maß für die Güte der Wärmeisolation des magnetisch eingeschlossenen Plasmas – deutet mit beachtlichen 200 Millisekunden darauf hin, dass die Wendelstein 7-X zugrundeliegende rechnerische Optimierung greift: „Das stimmt uns für die weitere Arbeit optimistisch“.

Dass die Optimierung nicht nur bezüglich der Wärmeisolation Wirkung zeigt, erweist die jetzt abgeschlossene Auswertung von Messdaten aus der ersten Experimentierkampagne von Dezember 2015 bis März 2016, die gerade in der Fachzeitschrift Nature Physics erschienen ist (s.u.). Sie zeigt, dass sich auch der sogenannte Bootstrap-Strom wie gewünscht verhält. Dieser elektrische Strom wird von Druckunterschieden im Plasma hervorgerufen und könnte das maßgeschneiderte Magnetfeld verformen. Teilchen aus dem Plasmarand trafen dann nicht mehr an den richtigen Stellen auf den Divertor auf. Der Bootstrap-Strom sollte in Stellaratoren daher so klein wie möglich sein. Dass dies in der optimierten Feldgeometrie tatsächlich gelungen ist, hat die Analyse nun bestätigt. „Damit konnte bereits die erste Experimentkampagne wichtige Aspekte der Optimierung verifizieren“, sagt Erstautor Dr. Andreas Dinklage: „Eine genauere und systematische Evaluierung wird in künftigen Experimenten bei deutlich höherer Heizleistung und höherem Plasmadruck folgen“.



*Blick in das Plasmagefäß
der Fusionsanlage
Wendelstein 7-X
(Foto: IPP, Jan Michael
Hosan)*

Seit Ende 2017 liefen an Wendelstein 7-X weitere Ausbauten: Unter anderem wurden neue Messgeräte und Heizsysteme installiert. Im Juli sollen die Plasmaexperimente wieder beginnen. Ab Herbst 2018 ist dann ein größerer Ausbau geplant: Die jetzigen Graphitkacheln des Divertors werden durch kohlenstofffaserverstärkte Kohlenstoff-Elemente ersetzt, die zusätzlich wassergekühlt sind. Sie sollen bis zu 30 Minuten lange Entladungen möglich machen, in denen überprüft werden kann, ob Wendelstein 7-X seine Optimierungsziele auch dauerhaft erfüllt.

Hintergrund

Ziel der Fusionsforschung ist es, ein klima- und umweltfreundliches Kraftwerk zu entwickeln. Ähnlich wie die Sonne soll es aus der Verschmelzung von Atomkernen Energie gewinnen. Weil das Fusionsfeuer erst bei Temperaturen über 100 Millionen Grad zündet, darf der Brennstoff – ein

dünnes Wasserstoffplasma – nicht in Kontakt mit kalten Gefäßwänden kommen. Von Magnetfeldern gehalten, schwebt er nahezu berührungsfrei im Inneren einer Vakuumkammer.

Den magnetischen Käfig von Wendelstein 7-X erzeugt ein Ring aus 50 supraleitenden, etwa 3,5 Meter hohen Magnetspulen. Ihre speziellen Formen sind das Ergebnis ausgefeilter Optimierungsrechnungen. Obwohl Wendelstein 7-X keine Energie erzeugen wird, soll die Anlage beweisen, dass Stellaratoren kraftwerkstauglich sind. Mit Wendelstein 7-X soll die Qualität des Plasmaeinschlusses in einem Stellarator erstmals das Niveau der konkurrierenden Anlagen vom Typ Tokamak erreichen. Insbesondere soll die Anlage das wesentliche Plus der Stellaratoren vorführen, die Fähigkeit zum Dauerbetrieb.

Isabella Milch

Originalveröffentlichung:

Andreas Dinklage et al.: Magnetic configuration effects on the Wendelstein 7-X stellarator.

In: Nature Physics, 21. Mai 2018, <https://doi.org/10.1038/s41567-018-0141-9>