



Presseinformation

Garching, den 21. Juni 2023

PI 05/2023

Otto-Hahn-Medaille: Diese Arbeit macht ITER-Plasmen bald berechenbar

Frank Fleschner
Pressesprecher
Telefon: +49 89 3299-1317
E-Mail: press@ipp.mpg.de

Wladimir Zholobenko's Dissertation ermöglicht erstmals realistische Simulationen von Turbulenz im Randbereich von Kernfusionsreaktoren, die nach dem Tokamak-Prinzip gebaut sind. Dafür wird der Physiker vom Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) heute mit der Otto-Hahn-Medaille ausgezeichnet. Im nächsten Schritt passt Zholobenko den Simulationscode für den internationalen Forschungsreaktor ITER an.

Das Phänomen Turbulenz in Fusionsplasmen spielt eine entscheidende Rolle für die Entwicklung von Kernfusionskraftwerken. Ohne Turbulenz ließe sich die Energie viel besser innerhalb des magnetisch gefangenen Plasmas einschließen. Andererseits ist Turbulenz hilfreich, um zum Beispiel Verunreinigungen aus dem Plasma zu spülen. Außerdem muss Wärmeenergie irgendwann aus dem Plasma entweichen. Gäbe es keinerlei Turbulenz, würde sie in einem schmalen räumlichen Bereich austreten. Die Belastung für das Wandmaterial wäre dort so groß, dass es schmelzen würde. Deshalb ist ein gewisses Maß an Turbulenz erwünscht – auch wenn es den Energieeinschluss verschlechtert. Erst Turbulenz ermöglicht es, Wärme kontrolliert und verteilt auf den hitzebeständigsten Teil der Wand abzuführen – den Divertor.

Wie sich Turbulenz steuern und optimal einsetzen lässt, wird von Forschenden weltweit untersucht. Wladimir Zholobenko ist es jetzt gelungen, dieses Turbulenzverhalten mit Simulationen vorherzusagen. Dafür wird er am heutigen 21. Juni 2023 auf der Jahresversammlung der Max-Planck-Gesellschaft in Göttingen mit der Otto-Hahn-Medaille ausgezeichnet. Der Preis ist mit 7.500 Euro dotiert.

Rechenzeiten von drei Monaten für drei Millisekunden Turbulenzverlauf

Zholobenko nutzte den am IPP entwickelten Simulationscode GRILLIX, der Turbulenz speziell am Plasmarand berechnet. Innerhalb seiner Doktorarbeit im IPP-Bereich Tokamaktheorie entwickelte er den Code zum ersten realistischen Turbulenz-Modell weiter, das auch die Wechselwirkung der geladenen Teilchen im Plasma mit dem Neutralgas berücksichtigt. Letzteres

bildet sich außerhalb des Plasmas, vermischt sich aber in den Randschichten auch mit diesem. Mit dem verbesserten Code lässt sich nun die zeitliche und räumliche Ausbreitung von Turbulenz in Tokamaks mit Divertor verfolgen. Zholobenko passte sein Modell an für Fusionsanlagen mit der Größe und Bauart von ASDEX Upgrade in Garching. „Bei der Entwicklung habe ich meine Rechnungen ständig mit experimentellen Daten von ASDEX Upgrade verglichen und konnte den Code so kontinuierlich verbessern“, erklärt Zholobenko. „Jetzt ist er so realistisch, dass er zur Planung von Experimenten eingesetzt werden kann.“

Für dieses Ergebnis war ein enormer Rechenaufwand erforderlich. Zholobenko setzte die leistungsstärksten Hochleistungscomputer Europas ein – unter anderem die der Max Planck Computing and Data Facility (MPCDF) in Garching und von Marconi Fusion in Italien. „Um Turbulenzverläufe innerhalb von drei Millisekunden zu simulieren, waren diese Anlagen jeweils drei Monate beschäftigt“, sagt Zholobenko. Und auch dieser Zeitraum war überhaupt nur möglich, weil der Code kontinuierlich optimiert wurde.

Um ITER zu simulieren, braucht es Zwischenschritte

Inzwischen arbeitet Zholobenko als wissenschaftlicher Mitarbeiter am IPP und verfolgt als Mitglied des GRILLIX-Teams das nächste Ziel: Er will die Performance und Genauigkeit von GRILLIX soweit verbessern, dass sich damit auch Turbulenz in ITER realistisch vorhersagen lässt. Der Experimentalreaktor wird derzeit im südfranzösischen Cadarache gebaut und soll zehn Mal so viel Fusionsleistung erzeugen, wie an Wärmeleistung zugeführt werden muss. Er ist damit ein wichtiger Meilenstein auf dem Weg zu einem kommerziellen Fusionskraftwerk. Dafür wird ITER mit einem Plasmavolumen arbeiten, das mehr als 60-mal so groß ist wie das von ASDEX Upgrade. „Obwohl wir GRILLIX seit dem Abschluss meiner Doktorarbeit weiter verbessert haben, würde es derzeit noch ein Jahr dauern, um einzelne Ergebnisse für ITER zu berechnen“, erklärt Zholobenko. „Außerdem ist zu erwarten, dass sich bei einem solchen Größensprung auch die physikalischen Phänomene verändern.“

Deshalb gibt es mehrere Zwischenschritte (für die Förderung dieser Arbeiten wurde Zholobenko 2022 mit einem EUROfusion Researcher Grant ausgezeichnet): GRILLIX wird zunächst weiter an ASDEX Upgrade für Szenarien optimiert, die am besten für einen Reaktor geeignet zu sein scheinen. Der Code wird außerdem auch an dem Tokamak JET in Großbritannien getestet. Dieser verfügt nur über das sechsfache

Plasmavolumen von ASDEX Upgrade. Aus den Experimenten der vergangenen fast vier Jahrzehnte an JET existieren umfangreiche Daten, die sich mit Rechnungen vergleichen lassen. Gleichzeitig schreibt das GRILLIX-Team große Teile des Codes neu, um die Performance zu verbessern: „Wir müssen noch drei- bis fünfmal schneller werden, um auf akzeptable Rechenzeiten auch für ITER zu kommen.“

Link zur Dissertation: <https://mediatum.ub.tum.de/1624673>

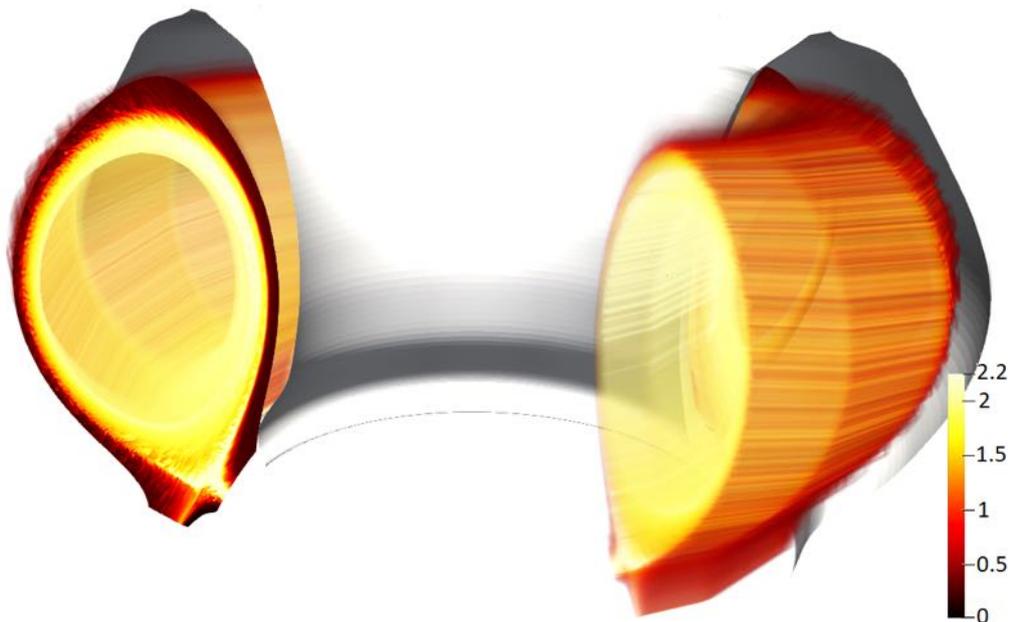


Bild 1: Visualisierung der Turbulenzsimulation mit GRILLIX. Die Farbskala repräsentiert die Plasmadichte in Einheiten [10^{19} Teilchen pro Kubikmeter]. Im Inneren des Plasmas werden andere Codes zur Berechnung genutzt, deshalb ist der Bereich hier leer. (Credit: MPI für Plasmaphysik / W. Zholobenko).

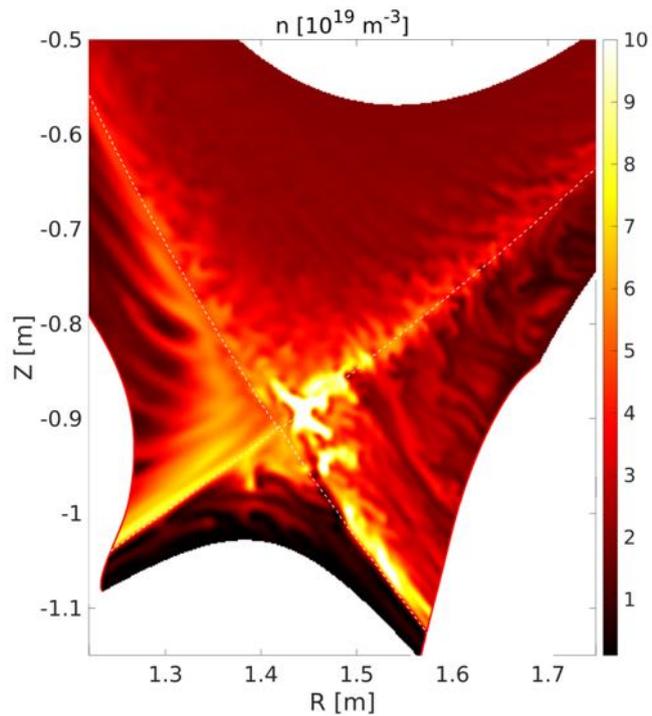


Bild 2: Visualisierung der Turbulenzsimulation in der Nähe des Divertors (Querschnitt durch das Vakuumgefäß). Die Farbskala repräsentiert die Plasmadichte in Einheiten [10¹⁹ Teilchen pro Kubikmeter]. Die gestrichelten Linien (Separatrix) markieren den Rand des eingeschlossenen Plasmas (oben), der sogenannten Private-Flux-Region (unten) und der Abschältschicht (rechts und links). Dort, wo sich alle Regionen treffen, befindet sich der sogenannte X-Punkt – die untere Spitze des eingeschlossenen Plasmas. Das Magnetfeld um den X-Punkt ist stark verformt. GRILLIX ist einer von sehr wenigen Codes, die Turbulenz auch hier effizient simulieren können. (Credit: MPI für Plasmaphysik / W. Zholobenko).



Bild 3: IPP-Wissenschaftler Wladimir Zholobenko wird mit der Otto-Hahn-Medaille ausgezeichnet. Die Max-Planck-Gesellschaft vergibt den Preis seit 1978 jährlich an maximal 30 junge Forschende für herausragende Dissertationen. (Credit: MPI für Plasmaphysik / Frank Fleschner)

Über das Max-Planck-Institut für Plasmaphysik

Das Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) in Garching bei München und Greifswald erforscht die physikalischen Grundlagen für ein Fusionskraftwerk, das Energie aus der Verschmelzung von leichten Atomkernen gewinnen soll. Die Arbeiten des IPP sind eingebettet in das Europäische Fusionsprogramm. Mit rund 1100 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern ist das IPP eines der größten Zentren für Fusionsforschung in Europa.

Max-Planck-Institut
für Plasmaphysik (IPP)
Boltzmannstraße 2
85748 Garching bei
München

Telefon: +49 89 3299-1317
E-Mail: press@ipp.mpg.de
Internet: www.ipp.mpg.de