

P 21: Plasma- Wand- Wechselwirkung

Zeit: Donnerstag 16:30–18:55

Raum: HS 3

Hauptvortrag

P 21.1 Do 16:30 HS 3

Computersimulationen von Plasmen in teilweise chaotischen Magnetfeldern — ●HEINKE FRERICHS¹, DETLEV REITER¹, OLIVER SCHMITZ¹ und YÜHE FENG² — ¹Institut für Energie- und Klimaforschung (IEK-4), Forschungszentrum Jülich GmbH, Association EURATOM-FZJ — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Teilinstitut Greifswald

Die Entwicklung der Fusionstechnologie als alternative Energiequelle erfordert die Untersuchung von magnetisch eingeschlossenen Hochtemperaturplasmen. Von besonderer Bedeutung ist dabei die Quantifizierung von Plasmaeigenschaften in der Nähe von exponierten Oberflächen des Plasmagefäßes mit Hilfe von Computersimulationen, sowohl für die Interpretation gegenwärtiger Fusionsexperimente als auch für den Entwicklungsprozess zukünftiger Großgeräte wie ITER, W7-X oder DEMO.

Gegenstand aktueller Forschung ist die gezielte Manipulation von Teilchen- und Wärmeflüssen in der Randschicht eines Fusionsplasmas durch bewusste Störungen des zum Einschluss notwendigen Magnetfelds. Diese Störungen bewirken die Entstehung einer teilweise chaotischen Magnetfeldstruktur, weshalb die Untersuchung der damit verbundenen Effekte, z.B. die Auswirkung auf Plasma-Wand-Wechselwirkungsbereiche, 3D Simulationsmodelle erforderlich macht. Die Herausforderungen und Umsetzung der numerischen Beschreibung einer komplizierten 3D Magnetfeldstruktur und der damit verbundenen Auswirkung auf Plasma- und Neutralgas-Transport wird vorgestellt und die Anwendung auf aktuelle Fusionsexperimente gezeigt.

P 21.2 Do 17:00 HS 3

Redirection of impurity migration by increased ExB drift due to stochastic field lines — ●RUTH LAENGNER, OLIVER SCHMITZ, ANDREAS KIRSCHNER, SEBASTIJAN BREZINSEK, AKADI KRETER, SÖREN MÖLLER, MARKO LAENGNER, ULRICH SAMM, and AND THE TEXTOR TEAM — Institute of Energy and Climate Research - Plasma Physics, Forschungszentrum Jülich GmbH, Association EURATOM-FZJ, Partner in the Trilateral Euregio Cluster, Jülich, Germany

Resonant Magnetic Perturbations (RMPs) are one method for the control of the transport mechanisms in the plasma edge of fusion devices. Dedicated experiments for the investigation of material transport in such a perturbed boundary were performed at the tokamak TEXTOR. Spectroscopic measurements of light emission during the experiment and post mortem analysis with Nuclear Reaction Analysis (NRA) were employed. The light emission of low ionized carbon showed a tilt in 90 degrees during RMP application compared to the unperturbed case. However, former experiments show a rise in the radial electric field (E_r) and in consequence a larger $E_r \times B$ drift due to field line stochasticity induced by the RMPs. The quantitative change in E_r is capable to cause the observed effect in agreements with model predictions. NRA revealed a less pronounced tilt in the re-deposition pattern, which can be explained by the presence of neutrals being re-deposited. To verify the $E_r \times B$ drift as possible reason for the ion transport the impurity transport code ERO was used.

P 21.3 Do 17:15 HS 3

Removal of deuterated carbon codeposits by ion cyclotron wall conditioning plasmas in TEXTOR — ●SÖREN MÖLLER¹, ARKADI KRETER¹, TOM WAUTERS², GENNADY SERGIENKO¹, and ULRICH SAMM¹ — ¹Institute for Energy- and Climate Research - Plasma Physics, Forschungszentrum Jülich GmbH, Association EURATOM-FZJ, Partner in Trilateral Euregio Cluster, Jülich, Germany — ²LPP-ERM/KMS, Association Euratom-Belgian State, 1000 Brussels, Belgium

Experiments to quantify the removal rates of deuterated carbon codeposits by ion cyclotron resonance frequency (ICRF) plasmas in hydrogen, deuterium and oxygen were conducted in the tokamak TEXTOR. By variation of the gas pressure, magnetic fields and ICRF power the plasmas were optimized to obtain the highest removal rates. The removal rates were assessed by exposing pre-characterized samples. A special holder allowed for exposing samples at several radial positions and with parallel and perpendicular orientations with respect to the toroidal magnetic field. Pre- and post-exposure characterization of the layers was performed by ellipsometry and nuclear reaction analysis.

The highest removal was obtained with deuterium plasma, resulting in complete layer removal, corresponding to a rate of at least 84nm/min. Oxygen plasma reached 38nm/min. The ion fluxes, as measured by Langmuir probes, in the deuterium plasma were about 60 times larger compared to the oxygen plasma, leading to a higher removal rate. The resulting yields of carbon erosion fit into the existing database.

P 21.4 Do 17:30 HS 3

Analyse des Teilchentransportes in die Spalten von kastellierten Wolfram-Strukturen in Abhängigkeit von deren Geometrie — ●MAREN HELLOWIG¹, A. LITNOVSKY¹, D. MATVEEV¹, A. KIRSCHNER¹, O. SCHMITZ¹, S. RICHTER², U. SAMM¹ und DAS TEXTOR TEAM¹ — ¹Institut für Energie- und Klimaforschung - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, Association EURATOM-FZJ, Partner im Trilateralen Euregio Cluster, Jülich, Deutschland — ²GFE, RWTH Aachen, Deutschland

Die Wandstrukturen von Fusionsreaktoren werden sehr hohen Wärmebelastungen ausgesetzt. Daher ist die Wand der Brennkammer und des Divertors in einzelne Zellen, den sogenannten kastellierten Strukturen, unterteilt, um die Bildung von Rissen sowie Wirbelströmen im Wandmaterial zu vermindern. Jedoch können Verunreinigungen und Brennstoffansammlungen in den Spalten der kastellierten Strukturen insbesondere die Lebensdauer des ITER Divertors stark reduzieren, da nur sehr begrenzte Reinigungsmöglichkeiten bestehen.

Daher wurden in Experimenten an TEXTOR gleichzeitig kastellierte Strukturen aus Wolfram mit einer konventionellen und einer optimierten Geometrie im Randschichtplasma exponiert. Mittels Elektronenstrahlmikroanalyse (ESMA) wurde anschließend die Kohlenstoffdeposition entlang poloidaler Spalten gemessen. Dabei konnte eine Verminderung der Deposition im Falle der optimierten Geometrie um einen Faktor von 1,2 - 1,5 festgestellt werden. Die experimentellen Depositionsmuster in den Spalten wurden mit 3D-GAPS Simulationen verglichen, welche sogar einen stärkeren Trend vorhergesagt hatten.

P 21.5 Do 17:45 HS 3

Spektroskopische Messungen von Argon-Verunreinigungen in einem Deuterium-Plasma im linearen Plasmagenerator PSI-2 — ●MICHAEL REINHART, ALBRECHT POSPIESZCZYK, ARKADI KRETER, BERNHARD UNTERBERG und GENNADY SERGIENKO — Institut für Energie- und Klimaforschung - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, Association EURATOM-FZJ, Partner im Trilateralen Euregio Cluster, Jülich, Deutschland

In ITER wird es notwendig sein, den Plasmarand durch zusätzliches Einbringen von (Edel-)Gasen zu kühlen, um die Wärmebelastung des Divertortargets zu minimieren. Auch an linearen Plasmageneratoren werden Experimente zur Belastung von Wandmaterialien durch das Plasma mit entsprechenden Spezieskompositionen durchgeführt. Am PSI-2 wird untersucht, inwieweit die spektroskopischen Daten zur Bestimmung der Helium- und Argonionenflüsse auf ein Target belastbar sind. Die (zum Magnetfeld) senkrechten Teilchenflüsse beeinflussen dabei die Emission aus dem Plasma derart, dass eine Anpassung der theoretischen Anregungsraten von mehr als einer Größenordnung notwendig ist.

Zunächst wurde in einem reinen Argonplasma die Relation der Emission der ArII Linie bei 434,8 nm zur Elektronendichte in Abhängigkeit der Plasmaparameter bestimmt. Es zeigt sich eine lineare Abhängigkeit der Emission von der Entladungsleistung. Anschließend wird mit Hilfe dieser Kalibrierung der Argonanteil in einem Deuteriumplasma mit Argonzusatz anhand der ArII Linie bestimmt.

P 21.6 Do 18:00 HS 3

Laser Induzierte Ablationsspektroskopie (LIAS) zur in-situ Charakterisierung der Wand in Fusionsexperimenten — ●NIELS GIERSE^{1,2}, S. BREZINSEK¹, T.F. GIESEN², A. HUBER¹, A. KIRSCHNER¹, M. LAENGER¹, L. MAROT³, V. PHILIPPS¹, A. POSPIESZCZYK¹, B. SCHWEER¹, M. Z. TOKAR¹, M. ZLOBINSKI¹, DAS TEXTOR-TEAM¹ und U. SAMM¹ — ¹Institut für Energie- und Klimaforschung - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, Association EURATOM-FZJ, Partner im Trilateralen Euregio Cluster, Jülich, Deutschland — ²I. Physikalisches Institut, Universität zu Köln, Deutschland — ³Department Physik, Universität Basel, Schweiz

Für Fusionsexperimente ist die Kenntnis des Zustands der dem Plasma ausgesetzten Wand entscheidend: Dabei geht es insbesondere um die Einlagerung von Tritium in Materialablagerungen. Die Laserinduzierte Ablationsspektroskopie (LIAS) wird als eine in-situ, zeit- und ortsauflösende Diagnostik im Labor sowie im Jülicher Tokamak TEXTOR untersucht.

Mittels eines Laserpulses im stabilen Ablationsregime um $F \sim 8 \text{ J/cm}^2$ wurden Teilchen von Graphitmaterial sowie W/C/Al/D₂-Schichten aus der Wand in das Randschichtplasma von TEXTOR freigesetzt. Anhand der spektroskopischen Signale ist eine Identifizierung der freigesetzten Spezies möglich. Durch Absolutkalibration der verwendeten Spektroskopie können beobachtete Photonen in injizierte Atome umgerechnet werden. Mögliche Störungen der Plasmarandschicht durch starke Teilchenflüsse und die Auswirkung auf LIAS werden betrachtet.

P 21.7 Do 18:15 HS 3

Nitrogen-Deuterium Bombardment of Tungsten and Analysis with XPS — ●GERD MEISL, KLAUS SCHMID, and CHRISTIAN LINSMEIER — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM-Assoziation, Boltzmannstr. 2, 85748 Garching, Deutschland

One of the critical problems in fusion experiments is the power load on the divertor. To limit this load it is desirable to increase the radiated power by puffing impurities into the plasma. Nitrogen has been established as standard gas to control the divertor heat load at ASDEX Upgrade. However, formation, stability, and erosion of tungsten nitride layers formed by the implantation of nitrogen from the plasma into the tungsten walls are still poorly understood. An improved understanding of these processes is required to predict the migration of nitrogen in a fusion device. We therefore started comprehensive studies, including small laboratory experiments, tokamaks and computer simulations to gather and combine additional information. To measure the N accumulation and re-erosion experiments in a XPS system were performed, allowing to follow the surface composition evolution while bombarding the W surface with N or D from ion guns. A comparison

with Tridyn simulations of nitrogen implantation at low temperatures showed reasonable agreement. Erosion of tungsten nitride with deuterium ions matches Tridyn simulations if the surface binding energy of nitrogen is set to zero. Furthermore it was found that the nitrogen content is more sensitive to the temperature during implantation than during consecutive heating.

Fachvortrag

P 21.8 Do 18:30 HS 3

Correlation of the Deuterium Retention and Defect Densities in Tungsten — ●ARMIN MANHARD, KLAUS SCHMID, MARTIN BALDEN, STEFAN LINDIG, and WOLFGANG JACOB — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Boltzmannstr. 2, 85748 Garching

Tungsten is a promising candidate plasma-facing material for future fusion devices. One major advantage of tungsten is its generally low retention for hydrogen isotopes. However, due to the comparatively high diffusivity of hydrogen isotopes in metals, hydrogen isotopes can reach the whole volume of a tungsten plasma-facing component. This may lead to a considerable total amount of hydrogen isotopes retained in the plasma-facing walls. A thorough understanding of hydrogen isotope retention in tungsten is therefore necessary. This presentation will show a broad survey where tungsten samples from the same base material were subjected to different heat treatments in order to achieve different defect densities. The defect densities were then quantified by scanning and transmission electron microscopy. After deuterium plasma exposure under a wide variety of different conditions the deuterium inventory in the samples was determined by nuclear reaction analysis (NRA) and thermal desorption spectroscopy (TDS). It will be shown that there is a strong correlation of the deuterium retention with the initial dislocation density, whereas the density of grain boundaries appears to play only a minor role. Furthermore, the initial microstructure has a strong impact on the formation of deuterium gas-filled blisters near the irradiated surface.