

## P 26: Plasma-Wand-Wechselwirkung

Time: Friday 14:00–16:00

Location: V57.02

## Invited Talk

P 26.1 Fri 14:00 V57.02

**Erste Erfahrungen im Plasmabetrieb mit metallischer Wand in JET** — ●SEBASTIJAN BREZINSEK — Institute of Energy and Climate Research - Plasma Physics, Forschungszentrum Jülich, Association EURATOM-FZJ, Jülich, Germany

Nach Installation der ITER-ähnlichen Wand, bestehend aus Beryllium-Wandkomponenten und Wolfram-Divertor-Prallplatten, startete im September 2011 der Divertorbetrieb. Die ersten Experimente wurden in L-mode durchgeführt, und dienten der Untersuchung der Plasma-Wand-Wechselwirkung, der Plasmacharakterisierung und dem Vergleich des Divertorbetriebs mit Wolfram gegenüber Kohlenstoffverbindungen. Die Zerstäubung von Be durch D im Hauptraum, der Transport von Be in den Divertor, sowie die anschließende Deposition auf W wurde in den ersten 1000s bis zur Einstellung eines Gleichgewichts spektroskopisch beobachtet. Gasbilanzstudien zeigen eine Reduktion des Brennstoffrückhalts von mehr als einer Größenordnung im Vergleich zu der vorhergehenden Kohlenstoffwand. Ebenso wie der nachhaltige Brennstoffrückhalt hat sich mit Austausch der Wand auch der Kohlenstofffluss im Divertor um einen Faktor 5-7 reduziert. Sauerstoff als Verunreinigung ist vernachlässigbar gering. Die Reinheit des Plasmas führte in Abwesenheit von ausreichender Verunreinigungsstrahlung zur signifikanten Erhöhung der Elektronentemperatur im äußeren Divertor auf ca. 50 eV im Niedrigdichtebetrieb. Signifikante Wolframerosion konnte nur hier spektroskopisch nachgewiesen werden. Im sogenannten Hochdichtebetrieb, wie er in ITER vorgesehen ist, liegt die Temperatur dagegen unter 10eV und unter der Nachweisgrenze.

## Invited Talk

P 26.2 Fri 14:30 V57.02

**Wolfram-Spektroskopie an Fusionsplasmen - Wertvolle Information aus komplexen Spektren** — ●T. PÜTTERICH<sup>1</sup>, R. NEU<sup>1</sup>, R. DUX<sup>1</sup>, C. BIEDERMANN<sup>2</sup>, S. BREZINSEK<sup>3</sup>, J.W. COENEN<sup>3</sup>, G.J. VAN ROOIJ<sup>4</sup> und ASDEX UPGRADE TEAM<sup>1</sup> — <sup>1</sup>MPI für Plasmaphysik, EURATOM-Association, Garching — <sup>2</sup>MPI für Plasmaphysik, EURATOM-Association, Greifswald — <sup>3</sup>FZJ, Association EURATOM-FZJ, Jülich — <sup>4</sup>FOM Rijnhuizen, Association EURATOM-FOM, Nieuwegein, Netherlands

Wolfram (W) ist ein wichtiger Kandidat für das Material der ersten Wand eines Fusionsreaktors und wird schon heute an JET und ASDEX Upgrade eingesetzt. Die Diagnose von W-Zuflüssen erfordert Spektroskopie von neutralem und niedrig-geladenem W. Zur Interpretation wird dabei die sog. S/XB-Methode verwendet, bei der das Verhältnis von Ionisations- und Anregungskoeffizienten benötigt wird.

Die spektralen Emissionen aus dem eingeschlossenen Plasma stammen vornehmlich aus dem VUV bis Röntgenbereich. In diesem Bereich emittiert W sehr viele schwache Spektrallinien. Oftmals können die spektralen Strukturen nicht in Einzellinien aufgelöst werden, welche von vielen benachbarten Ionenstufen stammen. Daher müssen sowohl bei der Berechnung dieser Strukturen als auch bei der Interpretation der experimentellen Daten neue Wege beschritten werden, um W-Konzentrationen bestimmen zu können.

Neben dem Vergleich mit heute zugänglichen experimentellen Daten, werden in einem Ausblick die W-Emissionen, wie sie in einem zukünftigen Fusionsreaktor erwartet werden, vorgestellt.

P 26.3 Fri 15:00 V57.02

**Analysis of erosion and material migration in a 3D plasma boundary at TEXTOR** — ●R. LAENGER, O. SCHMITZ, A. KIRSCHNER, A. KRETER, S. BREZINSEK, M. LAENGER, J.W. COENEN, S. MÖLLER, P. WIENHOLD, and U. SAMM — Institute of Energy and Climate Research - Plasma Physics, Forschungszentrum Jülich GmbH, Association EURATOM-FZJ, Partner in the Trilateral Euregio Cluster, Jülich, Germany

For the mitigation of Edge Localized Modes, magnetic perturbation (RMP) coils are planned for ITER. Modeling shows that ITER strike lines break up into three dimensional structures during RMP application. This has been observed and analyzed at the TEXTOR Dynamic Ergodic Divertor (DED) and other tokamaks as well. Experiments at TEXTOR were performed to quantify erosion and material migration processes in the 3D plasma boundary. Carbon test limiters were exposed to both a non perturbed plasma and one with RMP. During the plasma discharges, methane <sup>13</sup>CH<sub>4</sub> was puffed through a hole in the limiter, for enlarging the erosion source, where <sup>13</sup>C acted as a tracer

material. The direction of the light emission formed by the injected particles, observed in CII, CIII and CH light, was tilted clearly against the typical flag in the ExB drift direction of the non-RMP case. This was quantified by Nuclear Reaction Analysis (NRA), via measurements of <sup>13</sup>C deposition patterns. NRA also showed an increase of fuel retention during RMP. This effect is probably caused by a decrease of the surface temperature by 40%. This shows that the 3D topology impacts the plasma parameters and hence the erosion and migration processes.

P 26.4 Fri 15:15 V57.02

**Eindringtiefen von injiziertem/zerstäubtem Wolfram im Randschichtplasma von TEXTOR** — ●M. LAENGNER, S. BREZINSEK, J.W. COENEN, A. POSPIESZCZYK, D. KONDRATYEV, D. BORODIN, V. PHILIPPS, U. SAMM und DAS TEXTOR -TEAM — Institut für Energie- und Klimaforschung - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, Assoziation EURATOM-FZJ, Trilaterales Euregio Cluster, Jülich

Zur Quantifizierung der W-Erosion und Untersuchung des Verhaltens von W unter unterschiedlichen Plasmabedingungen wurden 2 Experimente am Tokamak TEXTOR durchgeführt. Zum einen konnte durch WF<sub>6</sub>-Injektion in das Randschichtplasma eine kontrollierbare W-Quelle realisiert werden mit dem Ziel inverse Photoeffizienzen zur Absolutmessung von W-Flüssen zu bestimmen. Zum anderen wurde ein W-Limiter zur Untersuchung der W-Erosion unter Variation der lokalen Plasmamaterie dem Randschichtplasma ausgesetzt. Für beide Experimente werden die Linienprofile unterschiedlicher WI-Linien und deren Eindringtiefen ins Plasma miteinander verglichen. Dadurch kann eine Aussage darüber getroffen werden, in wie weit injiziertes W hinsichtlich der Energieniveau-Population und der kinetischen Energien mit erodiertem W vergleichbar ist und somit als Simulation für eine W-Quelle dienen kann. Hierbei zeigt die Betrachtung der Eindringtiefen in Abhängigkeit der Plasmamaterie für W beider Freisetzungprozesse deutliche Unterschiede auf. Darüber hinaus werden die Berechnungen des Stoss-Strahlungs-Codes GKU und des Transport-Codes ERO auf Übereinstimmung mit den experimentellen Befunden hin überprüft.

P 26.5 Fri 15:30 V57.02

**Investigations of Porosity Enhanced Removal of Fuel Containing Carbon Codeposits by Thermo-Chemical Removal** — ●SÖREN MÖLLER, ARKADI KRETER, HANS GÜNTER ESSER, and ULRICH SAMM — Institute for Energy- and Climate Research - Plasma Physics, Forschungszentrum Jülich GmbH, Association EURATOM-FZJ, Partner in Trilateral Euregio Cluster, Jülich, Germany

Thermo-chemical removal (TC) of amorphous hydrogenated carbon layers (a-C:H,D,T) with reactive gases is a candidate to reduce tritium retention in fusion devices. A significant scatter of the removal rates at similar wall temperatures and pressures is observed. For a better understanding a model was developed here, showing that the scatter can be explained by layer properties. a-C:H layers can have a substantial amount of porosity, forming an open pore network. The diffusion of gas through this network will enable reactions of the removal gas in the whole layer volume. Based on this porosity and the Arrhenius temperature dependence of removal rates, a reaction-diffusion differential equation is formulated. According to the model, the absolute removal rates are proportional to the layer thickness up to a layer property dependent value. This understanding may contribute to the design of an integral scenario for the T-inventory control in fusion devices. To test the model experimentally, TC experiments with different layer thicknesses were performed in the labfacility PADOS. Other parameters, such as the wall temperature of 350°C, the total oxygen pressure of 10mbar and the initial layer texture were kept constant. The comparison of experiment and model will be presented in the contribution.

P 26.6 Fri 15:45 V57.02

**Surface vibrational relaxation of N<sub>2</sub> studied by CO<sub>2</sub> titration with time resolved quantum cascade laser absorption spectroscopy** — ●DMITRY LOPATIK<sup>1</sup>, DANIL MARINOV<sup>2</sup>, OLIVIER GUAITELLA<sup>2</sup>, MARKO HÜBNER<sup>1</sup>, YURY IONIKH<sup>3</sup>, JÜRGEN RÖPCKE<sup>1</sup>, and ANTOINE ROUSSEAU<sup>2</sup> — <sup>1</sup>INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, Greifswald, Germany — <sup>2</sup>LPP, Ecole Polytechnique, Université Paris Sud-11, Palaiseau, France — <sup>3</sup>St Petersburg State University, Institute of Physics, Ulianovskaya 1, St Petersburg, Russia

In our study a new method for the determination of the wall de-excitation probability of vibrationally excited N<sub>2</sub> at different surfaces exposed to low pressure plasmas has been developed. A short only few ms long DC discharge pulse was applied to a mixture containing 0.05-1% of CO<sub>2</sub> in N<sub>2</sub> at a pressure of 133 Pa. In these low pressure conditions the main quenching process of N<sub>2</sub>(v) is heterogeneous relaxation. Due to a nearly resonant fast vibrational transfer between N<sub>2</sub> and the asymmetric v<sub>3</sub> mode of CO<sub>2</sub> the vibrational excitation of these titrating molecules reflects the degree of vibrational excitation of N<sub>2</sub>. In the

afterglow the vibrational relaxation of CO<sub>2</sub> was monitored in-situ using quantum cascade laser absorption spectroscopy (QCLAS). The results were interpreted in terms of a numerical model of non-equilibrium vibrational kinetics in CO<sub>2</sub>-N<sub>2</sub> mixtures. The values of de-excitation probability were determined for Pyrex, fused silica and TiO<sub>2</sub> from the best agreement between measured and simulated relaxation kinetics. The effect of the CO<sub>2</sub> admixture on the N<sub>2</sub>(v) relaxation in the gas phase and on the surface is discussed.