

## P 19: Poster: Hochtemperaturplasmen: Experiment und Diagnostik

Zeit: Mittwoch 16:30–18:30

Raum: Foyer

P 19.1 Mi 16:30 Foyer

**Observations of Plasma Response to RMP using Fast Movable Magnetic Probe on TEXTOR** — ●YAO YANG, YUNFENG LIANG, YOUWEN SUN, TAO ZHANG, JOCHEN ASSMANN, GÜNTER BERTSCHINGER, HUBERT JAEGERS, HANS RUDOLF KOSLOWSKI, JONATHAN PEARSON, BERND SCHWEER, CHRISTOPHER WIEGMANN, and YUHONG XU — Institute of Energy and Climate Research/Plasma Physics, Forschungszentrum Jülich GmbH, Association EURATOM-FZJ, Partner in the Trilateral Euregio Cluster, Jülich, Germany

Plasma response to resonant magnetic perturbation fields (RMPs) is important for understanding the physical mechanism of instability control using RMP fields in the next generation of fusion devices, i.e. ITER. Such an investigation has been carried out in TEXTOR under different dynamic ergodic divertor (DED) configurations. The perturbed magnetic field is measured by the Fast Movable Magnetic Probe (FMMP) installed at the outer equatorial plane (low-field side). Preliminary results show that the perturbed plasma edge magnetic topology is different from the case simulated with a vacuum assumption. Plasma response to RMP depends strongly on both the location of the resonant rational flux surface and the frequency difference between the drift of the rational surface in the plasma and the external perturbation.

P 19.2 Mi 16:30 Foyer

**Regularisierung der Bolometer-Tomografie an ASDEX Upgrade mittels experimenteller Diffusionskoeffizienten** — ●MORITZ SCHNEIDER, MATTHIAS BERNERT, THOMAS EICH, RAINER FISCHER, CHRISTOPH FUCHS, HANS MEISTER, HARTMUT ZOHN und ASDEX UPGRADE TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, Boltzmannstrasse 2, D-85748 Garching

Zur Berechnung des poloidalen orts aufgelösten Strahlungsdichteprofiles im Plasma werden die sichtlinienintegrierten Messungen der Bolometerdiagnostik mittels tomografischer Rekonstruktionsverfahren entfaltet. Die am ASDEX Upgrade verwendete Methode zur Regularisierung minimiert Quellen und Senken um das Profil zu glätten und Artefakte zu verhindern. Die Gewichtung wird dabei durch empirisch bestimmte Diffusionskoeffizienten parallel und senkrecht zu den Flussflächen festgelegt, um eine jeweils unterschiedlich starke Glättung zu erzielen. Verschiedene Werte für Hauptraum und Divertor bewirken eine Tendenz zu konstanten Strahlungsleistungen auf Flussflächen im Hauptraum und größeren Gradienten des Profils im Divertor.

Der neue Ansatz berechnet die Diffusionskoeffizienten im Hauptraumplasma auf der Basis der orts aufgelösten Wärmeleitfähigkeit für Ionen. Senkrecht zu den Flussflächen wird das Gyro-Bohm Modell verwendet, parallel eine modifizierte Spitzer-Leitfähigkeit projiziert auf die poloidale Ebene. Der Vergleich der berechneten Profile zeigt, dass einige interessante Phänomene von magnetisch eingeschlossenen Plasmen (Marfes, Verunreinigungsakkumulationen usw.) mithilfe des neuen Ansatzes präziser dargestellt werden können.

P 19.3 Mi 16:30 Foyer

**Validation of transport models in ASDEX Upgrade current ramps** — ●SINA FIETZ, JÖRG HOBIRK, EMILIANO FABLE, RAINER FISCHER, CHRISTOPH FUCHS, GRIGORI PEREVERZEV, FRANCOIS RYTER, and THE ASDEX UPGRADE TEAM — Max Planck Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, D-85748 Garching, Germany

In order to prepare adequate ramp up and down scenarios for ITER, understanding the physics of transport during the current ramps is essential. The aim of the work was to assess the capability of several transport models to reproduce the experimental data during the current ramps. For this purpose, the calculated temperature profiles from different transport models, i.e. Coppi-Tang, Neo-Alcator, Bohm-Gyrobohm, critical gradient model and H98/2 scaling-based are compared to experimental temperature profiles under different conditions. The strong variation of the experimental electron temperature profiles are partly reproduced by the models, as will be discussed. The importance of central and edge radiation will be emphasized, as well as the main transport properties of the models, especially in the case of strong local electron heating (ECRH). To investigate the control capabilities of a Tokamak, particularly with regard to ITER, the impact on global plasma parameters like the internal inductance and the stored energy is also investigated.

P 19.4 Mi 16:30 Foyer

**Characterisation of the ELM synchronized H-mode edge pedestal in ASDEX Upgrade and DIII-D** — ●PHILIP A. SCHNEIDER<sup>1</sup>, ELISABETH WOLFRUM<sup>1</sup>, RICH GROEBNER<sup>2</sup>, TOM H. OSBORNE<sup>2</sup>, MIKE G. DUNNE<sup>3</sup>, JOHN FERRON<sup>2</sup>, SIBYLLE GÜNTER<sup>1</sup>, BERND KURZAN<sup>1</sup>, PHILIP B. SNYDER<sup>2</sup>, HARTMUT ZOHN<sup>1</sup>, THE ASDEX UPGRADE TEAM<sup>1</sup>, and THE DIII-D TEAM<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Max Planck Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, D-85748 Garching, Germany — <sup>2</sup>General Atomics, PO Box 85608, San Diego, CA 92186-5608, USA — <sup>3</sup>Department of Physics, University College Cork, Association Euratom-DCU, Cork, Ireland

The results of a large database of edge pedestal data from type-I ELMy H-mode discharges from ASDEX Upgrade and DIII-D will be presented. The data from high resolution edge diagnostics of both devices is analysed with the same analysis code in order to avoid systematic differences. Furthermore, sophisticated equilibrium reconstructions are used to assess uncertainties which arise during mapping from 2D real space coordinates to 1D flux coordinates. ELM synchronization allows the study of the pedestal structure at the ELM stability boundary. The pedestal is characterized by its top value, the gradient and the width. A large parameter range is covered by the two devices. Over this parameter range the profile shape of edge electron density differs from that of the temperature, irrespective of the device. However, the resulting electron pressure profile shape remains similar for all analysed H-Mode discharges.

P 19.5 Mi 16:30 Foyer

**ECRH-Entladungen in der O2-Mode an ASDEX Upgrade** — ●H. HÖHNLE<sup>1</sup>, J. STOBER<sup>2</sup>, K. BEHLER<sup>2</sup>, A. HERRMANN<sup>2</sup>, W. KASPAREK<sup>1</sup>, M. REICH<sup>2</sup>, U. STROTH<sup>1,2</sup>, W. TREUTTERER<sup>2</sup> und DAS ASDEX UPGRADE TEAM<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Institut für Plasmaphysik, Universität Stuttgart — <sup>2</sup>Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Garching

Elektronenzyklotronwellen in X-Polarisation werden an ASDEX Upgrade neben Stromtrieb und Plasmaheizung auch zum Verdrängen von Verunreinigungen aus dem Plasmazentrum eingesetzt. Bei einem Feld von 2.5 T und einer Frequenz von 140 GHz findet die Absorption an der 2. Harmonischen der Zyklotronresonanz statt. In Entladungen mit gutem Einschluss kann die Dichte jedoch über dem Cutoff der Welle liegen und die zentrale Absorption unmöglich machen.

Dieser Nachteil kann in der O2-Mode behoben werden, womit Plasmen höherer Dichte zentral geheizt werden können. Aufgrund unvollständiger Absorption muss allerdings ein zweiter Durchgang durch das Plasma mithilfe holographischer Spiegel realisiert werden, dies steigert die Absorption auf ca. 90 %.

Einhergehend mit Dichteänderungen ist die Änderung der Brechung des O2-Strahls und daher auch der Position der Strahlen auf den Spiegeln. Eine Echtzeitsteuerung basierend auf Temperaturfühlern, die in dem Spiegel verbaut sind, soll den Einstrahlwinkel entsprechend nachregeln, um den Strahl auf dem Spiegel mittig zu positionieren. Diese Steuerung soll in einer Zeitskala von einigen 10 ms reagieren können.

Das Heizungsszenario, die Auslegung der Spiegel, die Funktionsweise der Echtzeitsteuerung und erste Experimente werden präsentiert.

P 19.6 Mi 16:30 Foyer

**A room temperature pellet launcher for ELM trigger investigations in ASDEX Upgrade** — ATHANASSIOS ALEXIOU<sup>1</sup>, RALPH DUX<sup>2</sup>, KINGA GÁL<sup>3</sup>, PETER LANG<sup>2</sup>, ●RUDOLF NEU<sup>2</sup>, BERNHARD PLÖCKL<sup>2</sup>, STEFAN SOTIER<sup>1</sup>, and ASDEX UPGRADE TEAM<sup>2</sup> — <sup>1</sup>University of Applied Sciences, Lothstrasse 34, 80335 München, Germany — <sup>2</sup>MPI für Plasmaphysik, Boltzmannstrasse 2, 85748 Garching, Germany — <sup>3</sup>KFKI Research Institute for Particle and Nuclear Physics, PO Box 49, H-1525 Budapest-114, Hungary

Pacing to mitigate edge localized modes (ELMs) is regarded essential for the protection of the ITER Divertor. However, pacing is currently based on cryogenic Deuterium (D) pellet injection unusable in the first non-nuclear phase of ITER. A new idea to overcome this is the use of Beryllium pellets. To perform according trigger tests at AUG, Aluminum (Al) pellets will be used as they are easy to handle, cheap and resulting radiative losses in according H-mode plasmas seems manageable for sufficiently small pellets. An existing room temperature solid state injector was recovered basing on gas drag acceleration capable to launch one pellet per plasma discharge for an ELM trigger experiment.

Pellets with 0.5 mm diameter, containing about  $4 \times 10^{18}$  Al atoms can be launched in the speed range of 60 - 375 m/s using Helium propellant gas pressures from 5 to 100 bar. Reliability close to 1 was observed for pellets in free flight, while guiding pellets through the narrow existing injection tube would cause a reduction to about 0.3. Hence, a revision of the torus access allowing for free flight injection covering an about 1.5 degree (FWHM) pellet trajectory cone angle are under way.

P 19.7 Mi 16:30 Foyer

**Bildung turbulenter Strukturen im Randbereich magnetisch eingeschlossener Plasmen** — ●BERNHARD SCHMID, BERNHARD NOLD, MIRKO RAMISCH und ULRICH STROTH — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart

Die Einschlussqualität von Plasmen in toroidalen Magnetfeldern wird maßgeblich limitiert durch den Transport turbulenter Strukturen senkrecht zum Magnetfeld. Für ein tieferes Verständnis des Transports auf Basis turbulenter Strukturen, muss die Dynamik senkrecht zum Magnetfeld erfasst werden. In den Niedertemperaturplasmen des Torsatron TJ-K ist die Dynamik im kompletten poloidalen Querschnitt für Langmuir-Sonden zugänglich. In diesem Beitrag werden zwei-Punkt-Korrelations Techniken auf simultan gemessene Dichte- und Potentialfluktuationen angewendet, um die Entstehung turbulenter Strukturen und deren Dynamik zu untersuchen. Erstmals konnte dabei die spontane Entstehung zonaler Potentialstrukturen im TJ-K beobachtet werden. Mit ihrer radialen Lokalität und ihren langreichweitigen Korrelationen zeigen die Strukturen typische Signaturen zonaler Strömungen, die für das Triggern von Transportbarrieren in Fusionsplasmen verantwortlich gemacht werden. Deren Abhängigkeit von der Stoßrate wird näher untersucht. Das zeitliche Verhalten der zonalen Struktur wird dem gemessenen turbulenten Reynolds-Stress, der als Antrieb zonaler Strömungen gilt, gegenübergestellt.

P 19.8 Mi 16:30 Foyer

**Lineare Driftwelleninstabilität in TJ-K-Geometrie** — ●MIRKO RAMISCH, GREGOR BIRKENMEIER, ALF KÖHN und ULRICH STROTH — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart

In vergangenen Jahren ist am Stellarator-Experiment TJ-K der Charakter der Turbulenz in der Randschicht von Fusionsplasmen detailliert untersucht worden. Mit Hilfe von Multisonden-Anordnungen konnten die raumzeitlichen Eigenschaften der Driftwellenturbulenz nachgewiesen werden. Neuere Untersuchungen zeigen die Inhomogenität der Fluktuationen und des turbulenten Transports auf. Maßgeblich beteiligt an der Ausbildung der Turbulenz sind die geometrischen Eigenschaften des einschließenden Magnetfeldes. Neben der Stellaratoroptimierung unter neoklassischen Aspekten kann daher über die 3D Geometrie des Magnetfeldes auch Einfluss auf die mikroskopische Struktur der Turbulenz genommen werden. Der genaue Einfluss auf die Lokalität des turbulenten Transports ist von großer Bedeutung für das Verständnis des Zustroms von Teilchen und Energie in die Abschältschicht.

In diesem Beitrag werden gemessene Poloidalprofile turbulenter Fluktuationen und des Transports gerechneten linearen Anwachsraten von Driftwellen gegenübergestellt. Dem liegt ein einfaches Fluidmodell unter Berücksichtigung der Magnetfeldgeometrie zu Grunde. Ein eigens entwickelter Code liefert die zur Anwachrate beitragenden Terme der Feldlinienkrümmung, magnetischen Verscherung und metrischen Koeffizienten für komplexe Stellarator-Geometrien. Es findet sich eine Übereinstimmung von lokalen Transportmaxima und maximalen Anwachsraten. Einzelbeiträge werden differenziert betrachtet.

P 19.9 Mi 16:30 Foyer

**Comparison of Fast-Imaging and Probe Measurements** — ●TOBIAS BOETTCHER, GOLO FUCHERT, MIRKO RAMISCH, and ULRICH STROTH — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart

Langmuir-probe systems with high spatial and temporal resolution are well established for turbulence measurements in the stellarator experiment TJ-K. As a complementary, non-intrusive diagnostics, a Photron FASTCAM-SA5 high-speed camera is used. In this work the comparability of probe measurements and fast imaging is investigated.

The signal-to-noise ratio of the camera signal limits the dynamical range of detectable fluctuations. Meaningful signals are obtained for frame rates in the range of 150 up to 300 kfps. The light intensity of the 656,4 nm Helium emission line can be modelled as  $I \propto n_e^{1.6} T_e^{2.0}$ . The intensity from the full spectrum has been found to depend linearly on the plasma density. Since in TJ-K temperature fluctuations are negligible, intensity and ion-saturation current fluctuations are directly proportional. Cross-correlation analyses of camera data with respect to a fixed reference probe in the focal plane show high correla-

tion values and reveal poloidally propagating structures if performed with all pixels of the 2D-camera image. The two-dimensional structure of the fluctuations from both, the correlation and conditional averaging analysis, turns out to be similar for probe and pixel data taken as reference. To benchmark the results of measurements with a single reference probe, a direct comparison with 2D probe measurements using an  $8 \times 8$  probe matrix will be presented.

P 19.10 Mi 16:30 Foyer

**Bolometrische Diagnostik am Stellarator TJ-K** — ●ANNE ZILCH<sup>1</sup>, EBERHARD HOLZHÄUER<sup>1</sup>, GREGOR BIRKENMEIER<sup>1</sup>, ULRICH STROTH<sup>1</sup> und DAIHONG ZHANG<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart — <sup>2</sup>Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Greifswald

Ein Teil der Heizleistung in Plasmen geht durch elektromagnetische Strahlung verloren. Für Berechnungen von Energieeinschluss und Leistungsbilanz ist die Kenntnis der emittierten Strahlungsleistung daher unerlässlich. Zur Messung der vom Plasma emittierten Strahlungsleistung am Stellarator TJ-K wurde ein achtkanaliges Goldfolienbolometersystem aufgebaut und in Betrieb genommen. Die Sichtlinien des Bolometers erfassen einen Winkel von  $\pm 26^\circ$  in poloidaler Richtung und  $\pm 11^\circ$  in toroidaler Richtung. Damit können linienintegrierte Signale aus einem ganzen poloidalen Querschnitt aufgenommen werden. Gezeigt werden erste Parameterstudien, in denen die Mikrowellenleistung, der Gasdruck, die Gasart sowie die Magnetfeldkonfiguration variiert wurden. Zusätzlich zu den Bolometermessungen wurden Radialprofile der Elektronendichte und -temperatur mit Langmuir-Sonden gemessen und daraus mittels bekannter Ratenkoeffizienten radiale Emissivitätsprofile erstellt. Aus den linienintegrierten Bolometersignalen sollen ebenfalls radiale Emissivitätsprofile numerisch rekonstruiert werden, die schließlich mit den Emissivitätsprofilen aus den Langmuir-Sondenmessungen verglichen werden können.

P 19.11 Mi 16:30 Foyer

**Turbulenzuntersuchung an TJ-K mit einer Hochgeschwindigkeitskamera** — ●GOLO FUCHERT, TOBIAS BOETTCHER, MIRKO RAMISCH und ULRICH STROTH — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart

Am Torsatron TJ-K wird eine Hochgeschwindigkeitskamera (Photron FASTCAM SA5) eingesetzt werden um turbulente Fluktuationen zeitgleich auf einer großen Fläche mit hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung untersuchen zu können. Um ein Verständnis dafür zu erlangen, welche Informationen aus den Bilddaten gewonnen werden können, wurden folgende Untersuchungen durchgeführt: Es wurde die wellenlängenabhängige, nichtlineare Antwort der Kamera gemessen (Ereignisse die ein Pixel beim Einfall einer bestimmten Photonenzahl detektiert). Außerdem wurde für Helium-Entladungen der Zusammenhang zwischen Lichtintensität und der Plasmadichte sowie der Elektronentemperatur ermittelt. Und es wurde begonnen, die Stellaratorgeometrie durch Projektion der Flussflächen und Feldlinien bei der Auswertung der Daten herauszurechnen.

In ersten Messungen an TJ-K konnten Strukturen in den normalisierten Bilddaten gefunden werden, die als Dichtefluktuationen interpretiert werden können. In Übereinstimmung mit Langmuir-Sonden-Messungen propagieren die gefundenen Strukturen im Einschlussbereich in Richtung der diamagnetischen Drift der Elektronen und in der Abschältschicht in die entgegengesetzte Richtung. Weiterhin wird der Beitrag der beobachtete Bewegung zum radialen Transport durch Ausnutzung der bekannten Magnetfeld-Geometrie untersucht.

P 19.12 Mi 16:30 Foyer

**Laser Induzierte Ablationsspektroskopie (LIAS) zur in-situ Charakterisierung der Wand in Fusionsexperimenten** —

●NIELS GIERSE<sup>1,2</sup>, S BREZINSEK<sup>1</sup>, T.F. GIESEN<sup>2</sup>, A. HUBER<sup>1</sup>, M. LAENGER<sup>1</sup>, R. LEYTE-GONZALES<sup>1</sup>, L. MAROT<sup>3</sup>, M. NAIM-HABIB<sup>4</sup>, V. PHILIPPS<sup>1</sup>, A. POSPIESZCZYK<sup>1</sup>, U. SAMM<sup>1</sup>, B. SCHWEER<sup>1</sup>, M. ZLOBINSKI<sup>1</sup> und DAS TEXTOR-TEAM<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Institut für Energie- und Klimaforschung - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, Association EURATOM-FZJ, Partner im Trilateralen Euregio Cluster, Jülich, Deutschland — <sup>2</sup>I. Physikalisches Institut, Universität zu Köln, Deutschland — <sup>3</sup>Department Physik, Universität Basel, Schweiz — <sup>4</sup>CEA-IRFM, Saint-Paul-lez-Durance, Frankreich

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 orts aufgelöste Diagnostik im Labor sowie im Jülicher Tokamak TEX-

TOR untersucht.

Mittels eines Laserpulses im stabilen Ablationsregime um  $F \sim 8 J/cm^2$  wurden Teilchen von Graphitmaterial sowie W/C/Al/D2-Schichten aus der Wand in das Randschichtplasma von Textor bei gemittelten Dichten zwischen  $2.1$  und  $3.1 \cdot 10^{19} m^{-3}$  und  $I_p = 355 kA$  freigesetzt.

Anhand der spektroskopischen Signale ist eine Identifizierung der freigesetzten Spezies im Falle der gemischten Schicht möglich. Bei Ablation von reinem Graphit wurde CI-CIII Linienstrahlung sowie  $C_2$  und  $C_3$ -Molekülemission beobachtet.