

P 3: Diagnostik

Zeit: Montag 14:00–17:30

Raum: INP-Staffelgeschoß

Fachvortrag P 3.1 Mo 14:00 INP-Staffelgeschoß
Plasmaphysikalische Beobachtung des Schweißlichtbogens zur Prozessesevaluierung — ●GREGOR GÖTT und HEINZ SCHÖPP — INP-Greifswald, Felix-Hausdorff-Straße 2, 17489 Greifswald

Durch Beobachtung des Lichtbogens mittels verschiedener Diagnostikmethoden, wie zum Beispiel der Spektroskopie, der Hochgeschwindigkeitskinematographie und dem Einsatz von spektral selektiven Filtern, lassen sich die im Plasma ablaufenden Vorgänge mit der leicht zu gewinnenden Strom-Spannungs-Charakteristik in Beziehung setzen.

Aufgrund seiner reproduzierbaren und periodischen Stromimpulse wurde der Impulslichtbogen (ILB) verwendet, um mit diesen Methoden zunächst Informationen über wichtige Plasmaparameter des Bogenplasmas zu erhalten. Ordnet man diese der elektrischen Charakteristik zu, lässt sich daraus eine zeitliche Entwicklung der Plasmaeigenschaften ableiten.

Als Grundlage wurden dafür zunächst Übersichtsspektren gemessen, Linien identifiziert und spektralselektive Filter ausgewählt. Mit Hochgeschwindigkeitsaufnahmen und Verwendung der Filter kann die innere Dynamik des Lichtbogen sichtbar gemacht werden. Auch lassen sich Kathodenansatzpunkte gut beobachten und darstellen. Durch geschickte Auswahl von zu beobachtenden Einzellinien und der Zuordnung ihrer Intensitäten zum Stromverlauf lassen sich Strategien entwickeln, um in den Regelprozess der Schweißmaschine verbessernd einzugreifen.

Ziel ist eine weitere Optimierung des Prozesses, auch bei unvorhergesehenen Randbedingungen.

P 3.2 Mo 14:25 INP-Staffelgeschoß
Bestimmung der Elektronendichte in einem durch Ablation kontrollierten PTFE-Hochstrom-Lichtbogen — ●HARTMUT SCHNEIDENBACH, RUSLAN KOZAKOV und DIRK UHRLANDT — INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald

An einem wandstabilisierten und durch Wandmaterial gespeisten Hochstrom-Lichtbogen in einer Polytetrafluorethylen (PTFE)-Düse wurden verschiedene Spektrallinien des Fluoratoms und des einfach geladenen Kohlenstoffs ortsaufgelöst gemessen. Unter den betrachteten Plasmabedingungen dominiert die Verbreiterung der Spektrallinien durch den quadratischen Stark-Effekt alle anderen Verbreiterungsmechanismen. Es wurden Spektrallinien ausgewählt, für die in guter Näherung optisch dünnes Plasma vorausgesetzt bzw. bezüglich geringer Absorption korrigiert werden konnte. Die Elektronendichte konnte somit direkt aus den gemessenen Linienbreiten bestimmt werden. Die Unsicherheiten der verwendeten Stark-Parameter werden diskutiert. Die Ergebnisse werden verglichen mit Elektronendichten, die auf Basis von Temperatur- und Druckmessungen [1] sowie unter Annahme von lokalem thermodynamischem Gleichgewicht aus berechneten Plasmazusammensetzungen resultierten. In der Hochstromphase der untersuchten Entladungen wurden Elektronendichten über 10^{18} cm^{-3} erreicht. Bei den gemessenen Temperaturen und diesen Dichten werden schwache Nichtidealitätseffekte relevant. Der Einfluß dieser Effekte wird diskutiert. [1] R. Kozakov, M. Kettlitz, K.-D. Weltmann, A. Stefens and C. M. Franck, J. Phys. D: Appl. Phys. 40 (2007) 2499

P 3.3 Mo 14:40 INP-Staffelgeschoß
Diagnostics for optical measurements of RuDI neutral beam parameters — ●A. LISTOPAD², J.W. COENEN¹, B. SCHWEER¹, V. DAVYDENKO², and A. IVANOV² — ¹Institut für Energieforschung - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, Association EURATOM-FZJ, Trilateral Euregio Cluster, Jülich — ²Budker Institute of Nuclear Physics SB RAS

Neutral beams are a powerful tool to investigate plasma parameters. In a collaboration of FZJ and BINP, Charge Exchange Recombination Spectroscopy (CXRS) diagnostics is applied at TEXTOR, using the RuDI neutral beam injector providing 50keV Hydrogen atoms. Since the spatial resolution and signal level of CXRS diagnostics depend on beam angular divergency and full energy component contribution, respectively, these beam parameters should to be controlled. For that purposes, a new set of diagnostics has been designed for the RuDI injector at TEXTOR. The multi-channel beam divergency monitor based on H α Doppler shift spectroscopy is developed for investigation of beam angular divergency for each fraction (E, E/2, E/3 and H₂O). The device has 5 channels with 45° angle of observing to the beam

axis. For beam profile scanning a CCD camera will be installed, thus allowing to achieve high-resolved images of the beam. Using filters of respective bright lines it will be able to monitor beam impurities such as carbon, copper etc. First results of measurements will be presented which will be considered at the RuDI-X injector development for W7-X Stellarator.

P 3.4 Mo 14:55 INP-Staffelgeschoß
Optimierung der ECE-Diagnostik für W7-X — ●STEFAN SCHMUCK, HANS-JÜRGEN HARTFUSS, MATTHIAS HIRSCH und TORSTEN STANGE — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Teilinstitut Greifswald, Wendelsteinstraße 1, 17491 Greifswald

Die magnetisch eingeschlossenen Elektronen eines Fusionsplasmas emittieren Zyklotronstrahlung, die standardmäßig zu diagnostischen Zwecken genutzt wird. Mit dieser Elektron-Zyklotron-Emissions-Diagnostik (ECE-Diagnostik) wird auch das Elektronentemperaturprofil am Stellarator Wendelstein 7-X bestimmt werden. Eine wesentliche Komponente der ECE Diagnostik für W7-X ist ein Vielkanal-Radiometer, welches am Vorgängereperiment Wendelstein 7-AS schon entwickelt und getestet wurde [1]. Nach der Konversion von 124 -160 GHz nach 4 GHz - 40 GHz (heterodyn Prinzip) zerlegt das Radiometer das ECE*Spektrum spektral mittels einer Filterbank in 48 simultan messende Kanäle, die absolut kalibriert sind. Die Anpassung der Filterbandbreiten der Filterbank an die Variation des magnetischen Feldes entlang der gewählten ECE-Sichtlinie am W7-X kann so gewählt werden, dass die Ortsauflösung entlang der Sichtlinie konstant ist und wesentlich nur durch grundsätzliche Bedingungen der Methode bestimmt ist. Brechungseffekte bei hohen Plasmadichten verursachen Abweichungen der ECE-Sichtlinie vom Vakuumverlauf. Die Abweichungen können mittels eines Ray-tracing-Programms [2] simuliert und ihr Einfluß auf die Ortsauflösung studiert werden. Erste Ergebnisse werden gezeigt. [1] C. Fuchs, H.J. Hartfuß, FED 53 (2001) 451 - 456 [2] N. Marushchenko et al, FST 50 (2006) 395 - 402

P 3.5 Mo 15:10 INP-Staffelgeschoß
Spektroskopische Bestimmung des radialen elektrischen Feldes am Plasmarand durch integrierte Bayes'sche Datenanalyse. — ●BERND LANGER, ELISABETH WOLFRUM, RAINER FISCHER und DAS ASDEX UPGRADE TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, D-85748 Garching, Deutschland

Am ASDEX Upgrade Tokamak wurde ein neues Verfahren zur Bestimmung des radialen elektrischen Feldes entwickelt. Es basiert auf passiven Messungen der He II Linie und einer Bayes'schen Datenanalyse. Aus der Messung der Dopplerverschiebung der He II Linie, unter Berücksichtigung der toroidalen Rotation, und der Berechnung von diamagnetischer und ExB Drift, kann das radiale elektrische Feld bestimmt werden. Die erforderliche Genauigkeit der Spektrometerkalibration von $\Delta\lambda \leq 0.001 \text{ nm}$ wird durch in situ Kalibration erreicht. Darüber hinaus führt das Verwenden von zusätzlicher Information, aufgrund von Verschiebungen des Plasmas gegenüber den Sichtlinien, zu einer deutlichen Verbesserung der Auflösung im radialen elektrischen Feld. Erstmals wird ein Vergleich mit den Messungen durch Doppler Reflektometrie gezeigt.

Durch ELM (edge localised mode) aufgelöste Messungen wird der Zusammenbruch der Transportbarriere am Plasmarand während eines ELM's sichtbar. Außerdem kann gezeigt werden, dass die Position des Minimums in E_r mit der Position des Minimums von $grad(P_i)/n_i$ (i =Deuterium) übereinstimmt. Dazu wurde eine Entladung mit drei unterschiedlichen Heizleistungen und unterschiedlichen Pedestalbreiten sehr detailliert untersucht.

P 3.6 Mo 15:25 INP-Staffelgeschoß
Optimization of ion temperature and rotation measurements by CXRS — ●BENEDIKT GEIGER, COSTANZA MAGGI, and THE ASDEX UPGRADE TEAM — Max Planck Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Garching, Deutschland

Ion temperature (T_i) and toroidal rotation (v_{tor}) profiles are routinely measured at ASDEX Upgrade (AUG) by means of charge exchange recombination spectroscopy (CXRS). Generally the diagnostic utilizes charge exchange emission from C impurities, which are naturally found in the plasma, in the presence of neutral beam injection (NBI). Following the coverage of the plasma facing components of AUG with

tungsten the C concentration has strongly decreased and the signal to noise ratio of the measured profiles has degraded. Different techniques aimed at improving the T_i and v_{tor} measurements are being explored. Modulation of the neutral beams is used to separate passive and active (charge exchange) emission. In addition, CXRS measurements using other impurities than C are tested. One method uses injection of Ne gas in the discharge without perturbing the plasma. Another method exploits the operation with N2 seeding as a tool for divertor cooling. A quantitative analysis of the signal to noise ratio for each method is presented and the relative merit of each technique is assessed with respect to representative discharge conditions in ASDEX Upgrade.

P 3.7 Mo 15:40 INP-Staffelgeschoß

HIBP calibration on WEGA stellarator — ●YURIY PODOBA¹, MATTHIAS OTTE¹, FRIEDRICH WAGNER¹, ALEXANDER ZHEZHERA², ALEXANDER CHMYGA², ALEXANDER KOZACHOK², ALEXANDER KOMAROV², IVAN BONDARENKO², GALINA DESHKO², SERGEY KHREBTOV², and LUDMILA KRUPNIK² — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Greifswald, Germany — ²Kharkov Institute of Plasma Physics, Kharkov, Ukraine

The heavy ion beam probe (HIBP) is an established non-perturbing diagnostic for determining spatial distributions of plasma potential, density, temperature and poloidal magnetic field of magnetically confined plasmas. These quantities can be determined from the change in the ion beam parameters (charge, intensity and trajectory) passing through a plasma volume due to collisions with electrons and interactions with the confining magnetic field. The WEGA HIBP operates with a Na^+ with an energy of 39.5 keV and beam current 35 μA . Conventionally the coordinate mapping of the HIBP is provided by ray tracing calculations of the ion beam in the magnetic field. However, it is very difficult to include all physical effects in the model, thus the result of the calculations may significantly differ from the real probing position. In order to improve the mapping precision an additional measurements of the beam position have been provided using a beam detector array inside the vacuum vessel. This allows to compare the measured and calculated ion beam position in order to find out the reasons for the coordinate mismatch and include adjustments in the calculation code. Results of this calibration are presented in this work.

P 3.8 Mo 15:55 INP-Staffelgeschoß

Elektron-Zyklotron-Emissions-Diagnostik zur Bestimmung der Elektronentemperatur am Stellarator WEGA — ●TORSTEN STANGE¹, HANS-JÜRGEN HARTFUSS¹, THOMAS GEIST², STEFAN SCHMUCK¹ und STEFAN MARSEN¹ — ¹MPI für Plasmaphysik, 17491 Greifswald, EURATOM Association — ²Wörthstraße 85, 89077 Ulm

Eine klassische Methode zur Bestimmung der Elektronentemperatur in Hochtemperaturplasmen ist die Detektion und Analyse der von Elektronen senkrecht zum Magnetfeld emittierten Zyklotronstrahlung. Mit Anwendung effizienter 28 GHz - Mikrowellenheizverfahren werden am Stellarator WEGA Elektronentemperaturen von bis zu 100 eV erwartet [1]. Zu deren direktem Nachweis wurde an WEGA eine Elektron-Zyklotron-Emissions-Diagnostik (ECE) aufgebaut und erprobt. Die absolut kalibrierte Diagnostik ermöglicht die zeitaufgelöste Messung von Strahlungstemperaturen bis herab zu 0.1 eV.

Bisherige Experimente konnten nur bei Elektronentemperaturen von unter 5 eV und einer Elektronendichte von $3 \cdot 10^{18} m^{-3}$ durchgeführt werden. Unter dem Einfluss von Wandreflexionen der Mikrowellenstrahlung liegen im Fall der optischen dünnen Plasmen in WEGA die gemessenen Strahlungstemperaturen im Bereich von 1 eV. Der Anteil an Zyklotronstrahlung konnte durch Magnetfeldvariation zu 10 % nachgewiesen werden. Der Hauptteil wird durch Bremsstrahlung verursacht. Weitere Experimente mit Elektronentemperaturen über 15 eV sind in Vorbereitung, wofür die Möglichkeit einer quantitativen Bestimmung der Elektronentemperatur erwartet wird.

[1] H.P. Laqua et al., 34. EPS Warsaw Vol. 31F (2007), P-1.154

20 min. break

P 3.9 Mo 16:30 INP-Staffelgeschoß

Absolute atomare Sauerstoffdichten in Entladung und Effluent eines Mikro Atmosphärendruck Plasma Jets — ●NIKOLAS KNAKE und VOLKER SCHULZ-VON DER GATHEN — Institut für Experimentalphysik II, Ruhr-Universität Bochum, Bochum, Germany

Der koplanare Mikro Atmosphärendruck Plasma Jet (μ -APPJ) ist eine kapazitiv gekoppelte Radiofrequenzentladung (13.56 MHz) und wurde speziell für optimalen Zugriff für optische Diagnostiken entwi-

ckelt. Die einfache Geometrie erleichtert ebenfalls die Modellierung. Die homogene Glimmentladung wird mit Helium betrieben, dem eine kleine Menge molekularer Sauerstoffs beigemischt wird. Wir berichten über absolut kalibrierte, orts aufgelöste Messungen atomarer Sauerstoffdichten vom Entladungskern bis in den Effluent des μ -APPJ, welche gut mit aktuellen Simulationen für entsprechende Entladungen übereinstimmen. Während für den Effluent atomare Sauerstoffdichten in der Größenordnung von $10^{14} cm^{-3}$ gemessen werden können, liegen sie im Kernplasma bei einigen $10^{16} cm^{-3}$. Besonderer Augenmerk wird auf das Abfallverhalten im Übergangsbereich zwischen Kern und Effluent, und dessen Abhängigkeit von den Betriebsparametern gelegt. Während zum Beispiel die Gastemperatur im Effluent mit herkömmlichen Thermoelementen gemessen werden kann, werden für das Kernplasma optische Methoden benötigt. Das Projekt wird gefördert durch das DFG Graduiertenkolleg 1051, die Researchschool der Ruhr-Universität Bochum und dem DFG Projekt SCHU2353.

P 3.10 Mo 16:45 INP-Staffelgeschoß

Characterization of Dielectric Barrier Discharge for human skin treatment — ●PRIYADARSHINI RAJASEKARAN¹, NIKITA BIBINOV¹, DIRK WANDKE², WOLFGANG VIÖL³, and PETER AWAKOWICZ¹ — ¹Institute for Electrical Engineering and Plasma Technology, Ruhr-Universität Bochum, Bochum, Germany — ²CINOGY GmbH, Duderstadt, Germany — ³University of Applied Sciences and Arts, Faculty of Natural Sciences and Technology, Göttingen, Germany

Dielectric Barrier Discharge (DBD) on human skin is characterized using optical emission spectroscopy, current-voltage measurements, microphotography and plasma-chemical modeling. Human body can serve as the opposite electrode. Influence of opposite electrode material and geometry on plasma conditions is studied. Electron distribution function and electron density are determined by comparing calculated and measured nitrogen spectra. Intensity distribution in nitrogen emission spectra is calculated and compared with measured. Gas temperature in plasma channels is determined using rotational distribution in neutral nitrogen emission spectra. The measured gas temperature and plasma parameters depend on the material of the opposite electrode (human skin, aluminum, glass, water, salt solution) and inter-electrode distance. Production of photons, nitrogen and oxygen atoms, nitric oxides, nitrogen and oxygen metastables in plasma channels and in afterglow phase are calculated using determined plasma conditions. The results of different opposite electrodes are used to optimize the discharge for therapeutic application in dermatology.

P 3.11 Mo 17:00 INP-Staffelgeschoß

Die "Multipol-Resonanzsonde": Ein Beitrag zur Modellierung und Simulation elektromagnetischer Effekte — ●MARTIN LAPKE, THOMAS MUSSEN BROCK und RALF PETER BRINKMANN — Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, Ruhr-Universität Bochum

Die Multipol-Resonanzsonde (MRP) basiert auf der Methode der aktiven Resonanzspektroskopie. Sie besteht aus zwei voneinander isolierten metallischen Halbkugeln, welche von einem Dielektrikum umgeben sind. Die Sonde wird mittels einer Halterung in das Plasma gebracht. Die Halbkugeln werden auf ein symmetrisches HF-Potential gebracht, anschließend wird das Resonanzverhalten der Sonde ermittelt. Die auftretenden Resonanzfrequenzen werden ausgelesen und ausgewertet [1]. Bisher wurde die MRP rein elektrostatisch betrachtet. Da aber durchaus elektromagnetische Effekte eine Rolle spielen können, wurde ein Modell entwickelt, das auch dieser Tatsache Rechnung trägt. Das elektromagnetische Modell zeigt deutlich zwei verschiedene Regime. Ein Regime unterhalb der Elektronen-Plasmafrequenz ω_{pe} und eins oberhalb dieser. Es lässt sich zeigen, dass eine elektrostatische Beschreibung der Sonde die Resonanzeffekte unterhalb ω_{pe} nahezu exakt beschreibt. Ziel dieses Beitrags ist es, die auftretenden Resonanzeffekte zu klassifizieren und hinsichtlich der praktischen Anwendung der Sonde zu bewerten.

[1] Lapke et al., Appl. Phys. Lett. 93, 051502 (2008)

P 3.12 Mo 17:15 INP-Staffelgeschoß

Eine kontinuierlich arbeitende Sonde zur Messung des Energieeinstromes bei plasmatechnologischen Prozessen — ●RUBEN WIESE¹, HOLGER KERSTEN², MARCO HÄCKEL³ und KLAUS-DIETER WELTMANN¹ — ¹Institut für Plasmaforschung und Technologie, Felix-Hausdorff-Str. 2, D-17489 Greifswald — ²Christian-Albrechts-Universität Kiel, Leibnitzstr. 29, D-24098 Kiel — ³Neoplas GmbH, Felix-Hausdorff-Str. 2, D-17489 Greifswald

Fast alle plasmatechnologischen Anwendungen basieren auf der

Plasma-Wand-Wechselwirkung, die u.a. mit kalorimetrischen Thermosonden zur Messung des Energieeintrages aus dem Plasma charakterisiert werden kann. Bekannt sind passive Sonden, die auf dem Prinzip basieren, den Temperaturverlauf beim Aufheiz- und Abkühlvorgang aufzunehmen und daraus den Energieeintrag zu berechnen, oder aktive, bei denen der Energieeintrag durch Messung eines Temperaturgefälles bestimmt wird.

Eine nach einem anderen Prinzip kontinuierlich arbeitende aktive Sonde wird vorgestellt, bei der keine Kalibrierung notwendig ist

und die Umgebungseinflüsse sowie die Wärmeableitung durch die Halterung der Sonde kompensiert. Die bei Beschichtung sich ändernde Wärmekapazität der Sonde ist ebenfalls ohne Einfluss auf den Messwert. Die Sonde wird mittels einer geregelten elektrischen Heizung auf eine vorgegebene Arbeitstemperatur gebracht und die zur Aufrechterhaltung der Arbeitstemperatur zugeführte Heizleistung gemessen. Der Energieeintrag durch externe Wärmequellen wird durch Herabsetzung der Heizleistung kompensiert und direkt in J/qcms angezeigt.