

P IV: Poster: Niedertemperaturplasmen II, Astrophysikalische Plasmen, Magnetischer Einschluss, Plasma-Wand-Wechselwirkung

Zeit: Donnerstag 16:00–18:30

Raum: Poster C2

P IV.1 Do 16:00 Poster C2

Experimental studies of magnetic flux ropes — ●HOLGER STEIN¹, JAN TENFELDE¹, LUKAS ARNOLD², JÜRGEN DREHER², RAINER GRAUER², and HENNING SOLTWISCH¹ — ¹Institut für Experimentalphysik V, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum, Germany — ²Lehrstuhl für Theoretische Physik I, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum, Germany

The FlareLab project at Bochum University is a concerted experimental and numerical effort to study the dynamics of magnetic flux ropes reminiscent of arc-shaped solar prominences. Following previous work of Hansen and Bellan [1], an arc-shaped discharge is used for the generation of the magnetic flux ropes. The main diagnostics are a fast ICCD camera with an exposure time of 5 ns and pick-up coils to measure the magnetic field created by the flux ropes. The key observations are: i) pinching of the flux rope, ii) expansion of the current arc and iii) kink-like structures deforming the arc. Concomitantly numerical simulations are performed to analyse the observations in detail. The magneto-hydrodynamic equations are utilised for the plasma description, and three-dimensional numerical solutions are computed on an adaptive mesh [2]. Observations of the magnetic probe measurements are discussed and a new design of the plasma source based on a model of Titov and Démoulin [3] is presented.

[1] J.F. Hansen and P.M. Bellan, *Astrophys. J. Lett.* 563, L183 (2001)
 [2] J. Dreher and R. Grauer, *Parallel Computing* 31, 913-932 (2005)
 [3] V.S. Titov and P. Démoulin, *A&A*, 351, 707 (TD) (1999)

P IV.2 Do 16:00 Poster C2

Rotation in the Presence of Turbulence in Large Tokamaks — ●BRUCE SCOTT — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, Garching

Turbulence in the tokamak core is studied using three dimensional computations within the low frequency electromagnetic gyrofluid model. The entire background, including the confining magnetic field, is carried self consistently. The axisymmetric component describing the neo-classical equilibrium for flows and currents is perturbed by the turbulence, which is resolved down to the ion gyroradius. The degree to which the total ion flow divergence departs from zero indicates the relative strength of perturbation by the turbulence. For small tokamaks the $E \times B$ eddy Reynolds stress due to the turbulence strongly perturbs the flows and therefore the radial electric field (E_r) profile. The large tokamak regime, entered when the minor radius is about 200 ion gyroradii, is characterised by a tightly clamped flow equilibrium with negligible effect from the turbulence on the E_r profile. Various scenarios with different profile combinations (density, temperature, toroidal momentum) are considered. This study suggests it is very unlikely that turbulence Reynolds stress can play a role in core confinement transitions ("internal transport barriers").

P IV.3 Do 16:00 Poster C2

simulation of light emission of hydrocarbon injection experiments at TEXTOR using the ERO code — ●RUI DING, DMITRY BORODIN, ANDREAS KIRSCHNER, SEBASTIJAN BREZINSEK, and VOLKER PHILIPPS — Institut für Energieforschung-Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, 52425, Jülich, Germany

The chemical erosion of carbon-containing plasma-facing components (PFC) has a significant influence on their life time and on the tritium retention, which are limiting factors for the availability of ITER. In tokamak experiments chemical erosion is determined regularly by spectroscopic measurement of the CD A-X band and the C₂ d-a emission. The light emission reflects the atomic/molecular physics and the hydrocarbon (HC) transport in the boundary plasma of tokamaks. The transport is influenced by plasma parameters and surface geometry.

The 3D Monte Carlo code ERO aims to simulate these processes as following, surface erosion by plasma and impurity particles, deposition from plasma, transport of plasma impurities and their light emission. The ERO simulations for HCs require a large set of atomic and molecular data, which has to be tested, updated and extended continuously.

Dedicated experiments for ERO benchmarking were carried out at TEXTOR in which hydrocarbons were injected into the plasma near the LCFS. The respective ERO simulations are compared with the ex-

perimental observations. The key parameters like e.g. the dependence of CD, C₂ and CII penetration depths on plasma parameters show a good agreement with the modelling. Detailed comparison between modelling and experimental results will be presented.

P IV.4 Do 16:00 Poster C2

Plasmapolarisation mit Graphit-Sonden am WEGA Stellarator — ●OLIVER LISCHTSCHENKO, RALF KÖNIG, MATTHIAS OTTE und FRIEDRICH WAGNER — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Teilinstitut Greifswald, Wendelsteinstraße 1, 17491 Greifswald

Am Stellarator WEGA [1] wurden Polarisierungsexperimente mit dem Ziel durchgeführt, die Plasmaeigenschaften und im Speziellen die poloidale Plasmarotation zu beeinflussen. Hierzu wurden Polarisationssonden unterschiedlicher Geometrien aus Graphit verwendet, die gegenüber dem Plasmagefäß elektrisch positiv vorgespannt werden konnten. Experimente zur Plasmapolarisation, mittels elektrisch vorgespannter Einbauten wie Limitern oder Sonden, wurden bereits an vielen Experimenten erfolgreich verwendet, um z.B. verbesserte Einschlusseigenschaften zu erzielen. Die Untersuchungen an WEGA fanden bei ECR-geheizten Argonplasmen mit einer Mikrowellenleistung von bis zu 6kW und einer Frequenz von 2,45 GHz statt. Die magnetische Feldstärke betrug $B_0 = 57$ mT. Bei Polarisierungsspannungen größer +70V konnten zwei unterschiedliche Plasmazustände gefunden werden, welche spontan, aber reproduzierbar in einander übergehen. Die beiden Zustände unterscheiden sich sowohl in der interferometrisch gemessenen absoluten Dichte, als auch in den mittels Langmuir-Sonden gemessenen Temperatur- und Dichteprofilen. Beide Zustände unterscheiden sich auch in der spektroskopisch aus Doppler-Verschiebung bestimmten poloidalen Rotationsgeschwindigkeit. Der experimentell gemessene Teilcheneinschluss verändert sich nicht.

Referenzen: [1] M. Otte, *Stellarator News* 106 (2006)

P IV.5 Do 16:00 Poster C2

Poloidale Asymmetrie turbulenter Fluktuationen im Torsatron TJ-K — ●MIRKO RAMISCH, ALF KÖHN, NAVID MAHDIZADEH und ULRICH STROTH — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart, 70569 Stuttgart

Die Außenseite bzw. Niederfeldseite (NFS) toroidal eingeschlossener Plasmen ist in Folge der ungünstigen Krümmung der Magnetfeldlinien instabil gegenüber Störungen in den Plasmametern. Hier lokalisierte, so genannte Ballooning-Moden äußern sich in einer Asymmetrie der Fluktuationen auf Nieder- und Hochfeldseite.

Das Torsatron TJ-K schließt toroidal ein Niedertemperaturplasma ein, das dimensional ähnlich zum Randbereich eines Fusionsplasmas ist, und ermöglicht mit Multisondenarrays detaillierte Fluktuationmessungen im Einschlussbereich eines fusionsrelevanten Plasmas. Die Dynamik in TJ-K wird von Driftwellen dominiert. In diesem Beitrag wird untersucht, wie sich die Krümmung der Feldlinien auf Driftwellen auswirkt. Besonderes Interesse gilt der poloidalen Asymmetrie von Dichte- und Potentialfluktuationen. Hierfür werden mit Langmuir-Sonden Fluktuationen an 64 Positionen, die äquidistant über den kompletten Umfang einer Flussfläche im poloidalen Querschnitt verteilt sind, simultan gemessen. Es zeigt sich nicht nur eine deutliche Asymmetrie der Fluktuationsamplituden, sondern auf der NFS auch ein Maximum im turbulenten Transport, für den die Phasenbeziehung zwischen Dichte- und Potentialfluktuationen eine entscheidenden Rolle spielt.

P IV.6 Do 16:00 Poster C2

Reynolds-Stress-Messungen im Torsatron TJ-K — ●PETER MANZ, MIRKO RAMISCH und ULRICH STROTH — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart, D-70569 Stuttgart

Der Reynolds-Stress ($\langle \tilde{v}_r \tilde{v}_\theta \rangle$) (RS) bezeichnet das Flussflächenmittel des Produktes aus radialen und poloidalen Geschwindigkeitsfluktuationen \tilde{v}_r und \tilde{v}_θ . Betrachtungen der advektiven Nichtlinearität der Impulsbilanz inkompressibler Flüssigkeiten lassen darauf schließen, dass ein radialer Gradient im RS ein Antrieb für turbulenz-generierte poloidale Scherströmungen (Zonal Flows) ist. Diese können zu Transportbarrieren und damit verbundenen verbesserten Einschlusseigenschaften führen.

Ziel der Untersuchung ist es, den Beitrag des RS zur poloidalen Impulsbilanz zu bestimmen. Zur Messung des RS wurde ein poloidaler Sondenkranz, bestehend aus 128 Langmuir-Sonden verteilt auf vier Flussflächen entwickelt. Dieser ermöglicht erstmalig eine definitions-gemäße Messung des RS als Flussflächenmittel. Erste Messergebnisse werden vorgestellt und im Rahmen einer Impulsbilanz diskutiert.

P IV.7 Do 16:00 Poster C2

Alfvénwellen in Mehrkomponentenplasmen — •KIAN RAHBARNIA^{1,2}, ALBRECHT STARK^{1,2}, STEFAN ULLRICH¹, OLAF GRULKE^{1,2} und THOMAS KLINGER^{1,2} — ¹MPI für Plasmaphysik, EURATOM Association, 17491 Greifswald — ²Ernst-Moritz-Arndt Universität, Greifswald

Die Dynamik einer Alfvénwelle (AW) wird bestimmt durch Ströme senkrecht und parallel zum ungestörten Hintergrundmagnetfeld. Dabei wird der parallele Strom im wesentlichen von den Elektronen getragen und die Polarisationsdrift der Ionen stellt den senkrechten Anteil dar. Die Frequenz einer AW ist begrenzt durch die Ionenzyklotronfrequenz f_{ci} . In Mehrkomponentenplasmen führen unterschiedliche Ionenmassen zu verschiedenen f_{ci} und erfordern daher eine differenzierte Untersuchung der Dispersionsrelationen der AW. Zusätzlich wird die Strombilanz der AW, vor allem in Anwesenheit negativer Ionen, beeinflusst. Die Studien werden am linearen Plasmaexperiment VINETA durchgeführt. Als Arbeitsgase stehen Argon, Helium und Sauerstoff zur Verfügung. Typische Dichten und Temperaturen der Helikonentladungen liegen im Bereich von $n_e = 1 \dots 10 \times 10^{18} \text{ m}^{-3}$ und $T_e = 2 \dots 3 \text{ eV}$. In reinen Argonentladungen liegt die Alfvéngeschwindigkeit im Bereich von $v_A = 1 \dots 8 \times 10^5 \text{ m/s}$. Für die Frequenz der Wellen f_A gilt $f_A < f_{ci} \approx 40 \text{ kHz}$. Durch die kontrollierte Zufuhr von Helium bzw. Sauerstoff wird der Einfluss auf das Dispersionsverhalten von AW in den Mehrkomponentenplasmen in Abhängigkeit von den relativen Ionendichten mit Hilfe von Langmuir- und Magnetfeldsonden untersucht.

P IV.8 Do 16:00 Poster C2

Dekorrelation turbulenter Strukturen durch Scherströmungen — •T. WINDISCH¹, O. GRULKE^{1,2} und T. KLINGER^{1,2} — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Greifswald — ²Ernst-Moritz-Arndt Universität, Greifswald

Kokärente raumzeitliche Strukturen tragen wesentlich zum radialen fluktuationsinduzierten Transport in der Randschicht von Fusionsexperimenten bei. Ein Vergleich der statistischen Eigenschaften der Fluktuationen zeigt, dass die Bildung und Propagation turbulenter Strukturen nicht auf Fusionsexperimente beschränkt ist, sondern auch in Laborexperimenten beobachtet werden [1,2]. Im Experiment VINETA schälen sich in schwach entwickelter Driftwellenturbulenz Plasmapakete von quasi-kohärenten Driftmoden ab und propagieren radial vom Bereich des maximalen Dichtegradienten in den Plasmarand. Ursache der radialen Propagation ist die selbstkonsistente Potentialstörung, die durch die dreidimensionale Dynamik phasenverschoben zur Dichtestörung auftritt. Die azimuthale Propagation der Strukturen wird durch die Hintergrund $E \times B$ -Drift bestimmt. In diesem Beitrag wird der Einfluss einer extern aufgeprägten Störung des radialen elektrischen Feldes, d.h. die Erzeugung einer azimuthalen Scherströmung, auf die Propagation der turbulenten Strukturen gezeigt. In Analogie zum Mechanismus von Transportbarrieren in Fusionsexperimenten führt die Verschärfung zu einer Dekorrelation der turbulenten Strukturen und zu einer Verringerung des fluktuationsinduzierten radialen Transports.

[1] T. Windisch, O.Grulke, *et al.*, *Phys. Plasmas* **13** 122303 (2006)

[2] T. Windisch, O.Grulke, *et al.*, *J. Nucl. Mater.* **363** 586 (2007)

P IV.9 Do 16:00 Poster C2

Experimentelle Untersuchungen über nicht-lineare Whistlerwellen Propagation — •JÖRG PFANNMÖLLER¹, OLAF GRULKE^{1,2}, THOMAS KLINGER^{1,2} und KONRAD SAUER³ — ¹MPI für Plasma Physik, EURATOM Assoziation, Greifswald — ²Ernst-Moritz-Arndt Universität, Greifswald — ³University of Alberta, Edmonton, Canada

In der Erdmagnetosphäre zeigen Satellitenmessungen das Auftreten von Wellenpaketen (Lion Roars) [1], die Charakteristika von Whistler Solitonen aufweisen. Die Interpretation dieser Daten gestaltet sich aufgrund der Limitierung der Diagnostik jedoch schwierig. Die Existenz von phasenkohärenten Whistler Solitonen, so genannte Oszillitonen, wurde bereits theoretisch vorhergesagt [2], der Nachweis im Labor steht bisher aus. In diesem Beitrag werden Studien über die Existenz von Oszillitonen präsentiert, die am linearen Experiment VINETA durchgeführt wurden. Das Anregungssignal wird induktiv in das Plasma eingekoppelt. Das Wellenfeld wird mit Hilfe von \hat{B} -Sonden vermessen. Bei harmonischer Anregung zeigt das Dispersionsverhalten der Whistler-

welle die Eigenschaften der linearen unberandeten Dispersionsrelation. Alternativ wird eine Pulsanregung verwendet, die es zulässt, die Propagationseigenschaften eines Wellenpakets zu studieren. Das Dispersionsverhalten des Pulses wird mit dem eines Oszillitons verglichen. In diesem Beitrag wird die Parameterabhängigkeit des Dispersionsverhaltens der linearen Whistler Welle und des Wellenpakets präsentiert. [1] M. Maksimovic *et al.*, *Annales Geophysicae*, 19, (2001), 1429-1438 [2] K. Sauer *et al.*, *J. Plasma Phys.*, 69, (2003)

P IV.10 Do 16:00 Poster C2

Detection of the negative ion density in oxygen helicon discharges — •NADIYA SYDORENKO¹, OLAF GRULKE^{1,2}, and THOMAS KLINGER^{1,2} — ¹Max-Planck-Institute for Plasma Physics, EURATOM Association, Greifswald — ²Ernst-Moritz-Arndt University, Greifswald

The investigation of negative ion plasmas has gained a lot of attention, e.g. in the context of the generation of high energy particle beams and plasma processing in semiconductor fabrication. Although studies of negative ion densities have been done intensively in low-density discharges, very limited experimental results are available in discharges with high density. The experimental device VINETA is well suitable for the production of high density ($n \approx 10^{19} \text{ m}^{-3}$) magnetised plasmas ($B=100\text{mT}$) with negative ions. Comparative measurements of the spatiotemporal behavior of negative ions in a pulsed RF discharge in oxygen with argon admixtures will be presented. Negative ions are studied experimentally by laser induced photodetachment using a frequency doubled Nd:YAG laser. In addition, negative ion densities are measured with Langmuir probes. The probe data is evaluated by applying two methods: the first one is based on the comparison of saturation currents measured in different gas mixtures [1], while the second is based on the theoretical interpretation of measured current voltage characteristics using a test function. It will be demonstrated that the negative ion concentration depends on the gas pressure, argon admixture, RF power and scales with the plasma density. [1]M. Shindo, *Plasma Sour. Sci.Technol.* 12 (2003).

P IV.11 Do 16:00 Poster C2

Ionendynamik von nichtlinear angeregten Alfvénischen Wellen — •ALBRECHT STARK^{1,2}, OLAF GRULKE^{1,2} und THOMAS KLINGER^{1,2} — ¹MPI für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Greifswald — ²Ernst-Moritz-Arndt Universität, Greifswald

Elektromagnetische Wellen im Frequenz- und Wellenlängenbereich von Alfvén Wellen können in der linearen Plasmaanlage VINETA durch niederfrequente Amplitudenmodulation der RF-Plasmaquelle (Helikonquelle) angeregt werden. Dabei werden die Wellen schon bei kleinen Modulationstiefen ($< 1\%$) beobachtet. Die Wellenamplitude steigt linear mit der Modulationstiefe an. Indizien für eine nichtlineare Anregung der Wellen finden sich in raum-zeitlichen Messungen des elektrischen und magnetischen Wellenfeldes, in denen Phänomene wie Rückwärtspropagation, Phasenfrontmodulation und Amplitudenmodulation beobachtet werden. Der Alfvénische Charakter macht die Wellen insbesondere in Hinblick auf die Ionendynamik interessant. An VINETA können phasenaufgelöste Ionengeschwindigkeitsverteilungsfunktion während eines Wellenzyklus mittels Laser-induzierter Fluoreszenz gemessen werden. Erste Ergebnisse zeigen eine erhöhte Ionen-temperatur an der Ionenzyklotronfrequenz sowie an höheren und niedrigeren Harmonischen, was auf eine resonante Heizung der Ionen hindeutet.

P IV.12 Do 16:00 Poster C2

Energy confinement scaling of stellarator/heliotrons towards reactor operation — •A. DINKLAGE¹, U. STROTH², H. YAMADA³, E. ASCASIBAR⁴, C.D BEIDLER¹, H. FUNABA³, J.H. HARRIS^{5,6}, A. KUS¹, H. MAASSBERG¹, T. MIZUUCHI⁷, S. MURAKAMI⁸, S. OKAMURA³, F. SANO⁷, Y. SUZUKI³, J. TALMADGE⁹, V. TRIBALDOS⁴, YU.A. TURKIN¹, K.Y. WATANABE³, A. WELLER¹, R. WOLF¹, and M. YOKOYAMA³ — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, Wendelsteinstr. 1, 17491 Greifswald — ²Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart — ³National Institute for Fusion Science, Toki, Japan — ⁴Laboratorio Nacional de Fusión, CIEMAT-EURATOM Association, Madrid, Spain — ⁵Australian National University, Canberra, Australien — ⁶Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, USA — ⁷Institute of Advanced Energy, Kyoto University, Japan — ⁸Dept. of Nuclear Engineering, Kyoto University, Japan — ⁹University of Wisconsin, Madison, USA

The International Stellarator/Heliotron Confinement database is a joint effort of the stellarator community. Within the assessment of global confinement data and their scaling properties, the capabilities

for the extrapolation of confinement properties towards reactor operation are an important issue for next step devices. In this contribution, an overview of the database along with considerations on scalability are given.

The ISHCDB Collaboration is working under auspices of the *IEA Implementing Agreement for Cooperation in Development of the Stellarator Concept (2.10.1992)*.

P IV.13 Do 16:00 Poster C2

Experimentelle Untersuchung der rauschinduzierten Dynamik nahe Hopf-Hopf Bifurkationen — ●A. DINKLAGE¹, B. BRUHN², H. TESTRICH² und C. WILKE³ — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, Wendelsteinstr. 1, 17491 Greifswald — ²Institut für Physik, E.-M.-Arndt Universität Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 6, 17489 Greifswald — ³Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald

Rauschen beeinflusst Übergänge zwischen stabilen Zuständen. Dies führt zum Beispiel zur sogenannten *Stochastischen Resonanz* oder *Rauschinduzierten Kohärenz*. Entladungen sind hervorragende Modellsysteme diese Phänomene systematisch zu untersuchen. Als experimenteller Zugang bietet sich an, Rauschen auf den Kontrollparameter Strom zu applizieren. In dieser Arbeit wird der Effekt der Rauschamplitude und der Färbung des Rauschens auf Modenübergänge und in überlappenden Bereichen unterschiedlicher Entstehungsmechanismen von Ionisierungswellen untersucht.

Gefördert im Rahmen des Sonderforschungsbereichs TR24.

P IV.14 Do 16:00 Poster C2

Plasma structures caused by local rf activation of the passive electrode — ●FLORIAN SIGENEGGER¹, RALF BASNER¹, DETLEF LOFFHAGEN¹, and HOLGER KERSTEN² — ¹INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald — ²IEAP, Christian-Albrechts-Universität, 24098 Kiel

In the plasma sheath of a passive electrode of a capacitively coupled rf discharge, the rf modulation of the potential is normally much lower than the period averaged voltage. In this case, the width of the sheath and the spatial density profiles of charge carriers are only slightly modified by changing the dc voltage of the passive electrode. However, an additional local supply of rf power at the passive electrode leads to strongly modified sheath structures. This effect has been investigated by means of the reactor PULVA-INP. The central pixel of its adaptive electrode was driven by an additional rf voltage. The pronounced change of the potential was demonstrated by the sensitive response of microparticles in the sheath. Furthermore, a large enhancement of the local power density becomes obvious from the strong enlargement of the light emission in front of the pixel. The investigations are supplemented by fluid modelling of the argon plasma in the reactor. The model comprises particle balance equations of electrons and ions, Poisson's equation and the electron energy balance equation. The results of the model calculations demonstrate the structural change of the potential and the local increase of the electron density and power density in front of the central pixel. The strongly increased excitation rate corresponds to the observed enlargement of the light emission.

P IV.15 Do 16:00 Poster C2

Study of the cathode region of a helium-xenon discharge in spot mode — ●JÖRN WINTER, HARTMUT LANGE, IRINA A. POROKHOVA, FLORIAN SIGENEGGER, and DETLEF LOFFHAGEN — INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald

The cathode region of a dc helium-xenon discharge in spot mode has been investigated experimentally and theoretically. By means of spectroscopic measurements, the spatial profiles of the gas and the cathode surface temperatures have been determined in the vicinity of the spot in dependence on the discharge current. Furthermore, the density of resonance and metastable xenon atoms ($1s_4$ and $1s_5$) were measured by diode laser absorption spectroscopy.

To describe theoretically the plasma in the vicinity of the spot, a two-dimensional fluid model was applied which includes the particle balance equations for electrons, ions and various kinds of excited atoms, the energy balance equation for electrons and Poisson's equation. The required electron transport and collision rate coefficients were taken as functions of the mean electron energy and the density of excited atoms from a lookup table which was generated by solving the steady-state spatially homogeneous electron Boltzmann equation.

The modelling results indicate the broadening of the discharge from

the narrow spot towards the anode which is connected with large spatial changes of the electric field in axial and radial direction including reversals of its direction. Good agreement between the calculated and measured density profiles of the excited atoms has been obtained.

The work was supported by "Deutsche Bundesstiftung Umwelt".

P IV.16 Do 16:00 Poster C2

XPS Analysis of Polystyrene Surfaces treated with an Atmospheric Pressure Plasma Jet (APPJ) in Ar-Air Mixtures — ●A. VOGELSANG, H. STEFFEN, and R. FOEST — Leibniz-Institute for Plasma Science and Technology e.V., Greifswald, Germany

Atmospheric plasma jets (APPJ) have been established as tools for local surface treatment with applications for cleaning, activation, and film deposition in particular on 3D surfaces (e.g. trenches, wells or inner walls). Here, the modification of the chemical composition of polystyrene samples after exposure to an APPJ is studied with X-ray photoelectron spectroscopy. As plasma source a non-thermal, rf capillary jet at 27.17 MHz with quartz capillary, central inner rod electrode, and grounded ring electrode [1] was used. The source was operated with argon and small admixtures of N_2 , O_2 , or air, respectively. Results of XPS and water contact angle measurements are presented for varying experimental conditions and for static treatment with no relative movement of source and substrate. Exposure to the APPJ results in a substantial incorporation of oxygen. Moreover, a smaller amount of nitrogen functional groups was incorporated into the sample surface. Both elements show a multimodal distribution around the center of the treated area. Different nitrogen-containing groups were detected and their radial distribution is presented. It is concluded that the observed structures are primarily determined by the type of carbon radicals on the surface.

[1] R. Foest, E. Kindel, A. Ohl, M. Stieber, K.-D. Weltmann, Plasma Phys. Contr. Fusion 47 (2005) B525-B536

P IV.17 Do 16:00 Poster C2

Studying Breakdown in Xenon-Model-Discharge Lamps — ●MICHAEL SCHMIDT¹, MARTIN WENDT¹, SILKE PETERS¹, MANFRED KETTLITZ¹, ANDREAS KLOSS², and HARTMUT SCHNEIDENBACH¹ — ¹Leibniz-Institute of Plasma Science and Technology, Felix-Hausdorff-Straße 2, D-17489 Greifswald — ²Osräm-GmbH, Hellabrunner Straße 1, D-81536 München

Studying the breakdown phase in a simplified lamp geometry can contribute to the understanding of the ignition of high-intensity-discharge (HID)-lamps. Therefore, the volume breakdown between two tip electrodes was studied at Xenon pressures up to 5×10^5 Pa. A camera system of four independent ICCDs pictured the spatio-temporal evolution of single streamers. The influence of statistics was reduced by UV-illumination of the lamp tubes. Different power circuits provided voltage ramps dU/dt of 5 MVs^{-1} up to 10 GV^{-1} , while breakdown voltage and current were measured by electrical probes. With rising dU/dt the breakdown voltage increased independently on pressure. This trend was reproduced using a 1d-model, developed by Ebert et al. [1], in combination with an outer electrical circuit. At lower pressures a lower breakdown voltage was measured, while the streamer's diameters increased as observed for other electrode systems, like a tip-plate geometry [2].

[1] U. Ebert et al., Phys. Rev. E 55 (1997), 1530

[2] T. Briels et al., 28th ICPIG 2007, Prag, Czech Republic

P IV.18 Do 16:00 Poster C2

Zum antimikrobiellen Effekt der VUV-Emission von Atmosphärendruck-Plasmajets — ●RONNY BRANDENBURG und HARTMUT LANGE — INP Greifswald e.V. (Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie)

RF-getriebene Argon-Plasmajets bei Atmosphärendruck emittieren bekanntlich Strahlung im VUV-Bereich [1]. UV- und VUV-Strahlung sind für den Einsatz in der biologischen Dekontamination und Sterilisation interessant.

Zur Charakterisierung der antimikrobiellen Wirksamkeit der VUV-Strahlung eines Atmosphärendruckplasmas in Argon wird ein Plasmajet verwendet, der die Behandlung punktweise inokulierter Teststreifen ermöglicht (Durchmesser ca. 6 mm). Dieser Plasmajet wird zunächst mittels VUV-Spektroskopie quantitativ vermessen. Anschliessend wird der antimikrobielle Effekt der emittierten UV- und VUV-Strahlungskomponenten durch definierte Behandlung in Kombination mit mikrobiologischen Nachweismethoden untersucht. Diese erfolgen sowohl an Endosporen (*Bac. atroph.*) als auch vegetativen Bakterien (*Straph. aur.*, *E. coli*).

[1] R. Foest et al., Plasma Processes and Polymers 4, S1 (2007) p S460-S464

P IV.19 Do 16:00 Poster C2

Einfluss von Stickstoff auf Plasma-Wand-Wechselwirkungsprozesse

— ●MANDY BAUDACH¹, ADAM CWIKLINSKI², ANDREY MARKIN³, WERNER BOHMEYER¹ und GERD FUSSMANN¹ — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, Greifswald — ²Institut für Physik der Freien Universität Berlin — ³Institute for Physical Chemistry of Russian Academy, Moscow, Russ.Fed.

Ein gravierendes Problem im Hinblick auf den Betrieb zukünftiger Fusionsanlagen (ITER) ist die Wahl der richtigen Wandmaterialien. Derzeit werden Beryllium, Wolfram und CFC-Materialien favorisiert, wobei letzteres die bekannte Problematik der Deposition von tritiumhaltigen amorphen Kohlenwasserstoffschichten hervorruft. Weltweit wird an diesem Problem gearbeitet und es werden Konzepte entwickelt, welche dem Depositionsprozess entgegenwirken sollen. Ein erfolgversprechendes Konzept ist die Ausnutzung des Scavenger-Effektes durch Stickstoff, der als sogenannter Abfänger die haftenden Kohlenwasserstoffspezies durch Volumenreaktionen so modifiziert, dass die Schichtbildung verringert bzw. unterbunden wird. Die Untersuchungen des Einflusses von Stickstoff auf die Deposition und Erosion von Kohlenwasserstoffschichten wurden am PSI-II an stationären Wasserstoff- und Heliumplasmen durchgeführt. Vorgestellt werden Ergebnisse zum Verhalten von Stickstoff in erodierenden und nichterodierenden Plasmen, welche die generellen Mechanismen bei der Wechselwirkung von Stickstoff mit Plasmen verdeutlichen sollen. Weiterhin werden Ergebnisse präsentiert, die den Scavenger-Effekt durch Stickstoff bestätigen, da die Deposition verringert bzw. sogar verhindert werden kann.

P IV.20 Do 16:00 Poster C2

Particle-in-Cell Simulation of RF discharges in Ar/CH₄ Gas Mixture — ●VENKATA RAMANA IKKURTHI¹, KONSTANTYN MATYASH², RALF SCHNEIDER², JURGEN MEICHSNER¹, and ANDRE MELZER¹ — ¹Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, 17487 Greifswald, Germany — ²Max-Planck Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, 17491 Greifswald, Germany

Some experiments have been performed in the past, where IEDs of various ion species in Ar/CH₄ gas mixture were measured at electrodes. We have employed a one-dimensional PIC-MCC code to study this Ar/CH₄ system. In this model, particles (electrons and ions) are treated kinetically, which allows to self-consistently resolve the electrostatic sheath in front of the material wall. We have considered 17 species: H⁺, H₂⁺, C⁺, CH⁺, CH₂⁺, CH₃⁺, CH₄⁺, Ar⁺, ArH⁺, H, H^{*}, C, CH, CH₂, CH₃, CH₄, Ar. The code also includes various elastic and inelastic collisions between different reactive species. 1-D simulations have been carried out to obtain electron-energy-distribution (EEDs) and IEDs for the similar gas mixture conditions and RF source parameters used in experiments. The effect of various elastic and charge-exchange collisions on these distributions has been studied and compared with experimental observations.

Support by DFG under SFB TR24 project A4 is gratefully acknowledged.

P IV.21 Do 16:00 Poster C2

CF-Kinetik in gepulsten CF₄/H₂ RF-Plasmen — ●SERGEY STEPANOV¹, ONNO GABRIEL² und JURGEN MEICHSNER¹ — ¹Universität Greifswald, Institut für Physik, Felix-Hausdorff-Str. 6, 17487 Greifswald — ²Eindhoven University of Technology, Department of Applied Physics

Das CF-Molekül ist als ein kurzlebiges Radikal in fluorkohlenstoffhaltigen Plasmen bekannt und spielt eine wichtige Rolle in plasmachemischen Prozessen. Die Konzentration von CF wird in einem gepulsten kapazitiv gekoppelten CF₄/H₂ RF-Plasma mittels Infrarot Tunable Diode Laser Absorption Spectroscopy (IR-TDLAS) absolut bestimmt. Das Absorptionsspektrum für die elektronischen Grundzustände ²Π_{1/2}- und ²Π_{3/2} wurde berechnet und das Dublett R(7.5) für die Messungen ausgewählt. Die beiden Absorptionslinien bei 1308,4959 cm⁻¹ bzw. 1308,5032 cm⁻¹ besitzen jeweils eine Stärke von 3,49*10⁻¹⁹ cm/Molekül. Unter bestimmten Plasmabedingungen weisen die zeitlichen Verläufe der CF-Dichte am Anfang der "Plasma-an"-Phase kurzzeitige Überhöhungen auf, die aus der Literatur nicht bekannt sind. Die zugehörigen zeitlichen Verläufe der C₂F₄-Dichten zeigen einen markanten Abbau von C₂F₄ in der "Plasma-an"-Phase und korrelieren mit der Überhöhung der CF-Dichte. In massenspektrometrischen Untersuchungen wurde festgestellt, dass das Fragmention CF⁺ ein Hauptprodukt bei der Elektronenstoßionisation von C₂F₄

darstellt [1]. Die Dissoziation von C₂F₄ wird deshalb als eine wesentliche Quelle für die Überhöhung der CF-Dichte angesehen. [1]: H U Poll and J Meichsner 1987 Contrib. Plasma Phys. 27 359

P IV.22 Do 16:00 Poster C2

Bildung negativer Sauerstoffionen an Yttrium stabilisierten Zirkonoxidoberflächen in asymmetrischen RF-Sauerstoffplasmen (CCP) — ●CLAUDIA HATRATH, HOLGER TESTRICH und JURGEN MEICHSNER — Universität Greifswald, Institut für Physik, Felix-Hausdorff-Str. 6, 17487 Greifswald

Negative Ionen, die unmittelbar an der gespeisten Elektrode einer kapazitiv-gekoppelten asymmetrischen RF-Sauerstoffentladung oder im Bereich der RF-Randschicht gebildet werden, erfahren innerhalb der RF-Randschicht eine Beschleunigung in Richtung des Bulkplasmas und können unter ausgewählten Prozessbedingungen (z.B. Elektrodenabstand 2,5 cm, Druck 5 Pa, Self-bias Spannung -100 bis -250 V) stoßfrei bis zur gegenüberliegenden geerdeten Elektrode gelangen. Diese energiereichen negativen Ionen wurden an der geerdeten Elektrode in ein Massenspektrometer (HIDEN EQP 300) überführt und nach Energie und Masse analysiert. Die Bildung negativer Sauerstoffionen (O⁻) wurde dabei in Abhängigkeit von dem Material (Yttrium stabilisiertes Zirkonoxid, Quarz, Magnesiumoxid, Edelstahl, Platin) und der Temperatur der gespeisten Elektrode von Zimmertemperatur bis etwa 600°C untersucht. Beispielsweise zeigte sich im Vergleich zu einer Edelstahlelektrode eine deutliche Erhöhung der Intensität negativer Ionen für Yttrium stabilisiertes Zirkonoxid im hochenergetischen Teil der Ionenenergieverteilungsfunktion, was auf die verstärkte Bildung von O⁻ direkt an der Elektrodenoberfläche zurückzuführen ist.

P IV.23 Do 16:00 Poster C2

Raum-zeitlich aufgelöste optische Emissionsstrukturen und Anregungsraten im Randschichtbereich kapazitiv gekoppelter RF-Plasmen — ●SEBASTIAN NEMSCHOKMICHAL, KRISTIAN DITTMANN und JURGEN MEICHSNER — Universität Greifswald, Institut für Physik, Felix-Hausdorff-Straße 6, 17487 Greifswald

Beitrag wurde verschoben zu P 15.6

P IV.24 Do 16:00 Poster C2

Metastable Argon Atoms in RF-sheath of Capacitively Coupled 13.56 MHz Plasma — ●KRISTIAN DITTMANN¹, NADER SADEGHI², and JURGEN MEICHSNER¹ — ¹University of Greifswald, Institute of Physics, Greifswald, Germany — ²Université Joseph Fourier & CNRS, Laboratoire de Spectrométrie Physique, Grenoble, France

Axially resolved density profiles of metastable excited Argon atoms, Ar(³P₂), from laser absorption spectroscopy at 772 nm in an asymmetrical argon rf plasma (ccp) show a significant density maximum located at the mean rf sheath boundary. The density rises with increasing rf-power (30 to 130 W) and total pressure (20 to 100 Pa). The population of the metastables is mainly caused by rf sheath electron heating and electron impact excitation. An increasing metastable density is additionally found in axial direction towards the rf-electrode surface. In comparison with results from optical emission spectroscopy an intensive emission of Argon atoms was found at the mean rf sheath boundary similar to the metastable density generated by sheath electrons. Surprisingly, an increasing optical emission of Argon in front of the rf-electrode was only found for transitions (e.g. 772.38 nm, 772.42 nm and 763.51 nm) which are in relation to the metastable levels, Ar(³P₂) and Ar(³P₀).

P IV.25 Do 16:00 Poster C2

Charakterisierung einer RF-Entladung mittels Thermoionen — ●MATTHIAS WOLTER, MARC STAHL, MORITZ HAASS, TAALKE OCKENGA, CHRISTOPH TERASA und HOLGER KERSTEN — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität Kiel, Leibnizstraße 11-19, 24098 Kiel

Zur Charakterisierung von Plasmen hinsichtlich Temperatur und Dichte werden vorwiegend Langmuirsonden und Spektroskopie eingesetzt. Für viele Prozesse in Plasmen ist jedoch der Energiebeitrag der einzelnen Spezies, wie Elektronen, Ionen und Neutralteilchen auf die Substratoberfläche ein wichtiger Parameter. Dadurch lassen sich die thermischen Bedingungen an der Substratoberfläche bestimmen, die das Zusammenwirken der Elementarprozesse (Adsorption, Diffusion, chemische Reaktionen) sowie die Mikrostruktur und Stöchiometrie der oberflächennahen Bereiche des Substrates bestimmen.

Es werden systematische Messungen zum Energieeintrag in radialer und axialer Richtung eines HF-Plasmas (PerPlex) für verschiedene

ne Druck- und Leistungsbereiche gezeigt, die typisch für die von uns durchgeführten „dusty Plasma“ Experimente sind.

P IV.26 Do 16:00 Poster C2

Zur radialen Struktur der Elektronendichte und der Gastemperatur in der positiven Säule von DC-Sauerstoffentladungen

— ZDENEK NAVRATIL¹, ●HOLGER TESTRICH², DIRK PASEDAG², RENE REIMER², CHRISTIAN WILKE³ und HANS-ERICH WAGNER² — ¹Masaryk University, Brno, Czech Republic — ²Universität Greifswald, Institut für Physik — ³Leibniz-Institut e.V., Greifswald

Die radiale Struktur der Ladungsträger und der Gastemperatur beeinflusst die Instabilität in elektronegativen Plasmen. In diesem Beitrag werden radial aufgelöste Sondenmessungen der Elektronen-Konzentration und -Energie in der H- und T-Form in DC O_2 -Entladungen ($I = 0-60$ mA; $p_0 = 0,3 - 1,0$ Torr) vorgestellt und diskutiert (Säulenlänge: 50 cm, Radius $r_0 = 2,5$ cm). Die Rotationstemperaturen, welche unter diesen Bedingungen in guter Näherung mit der Gastemperatur übereinstimmen, wurden mittels zweier Verfahren spektroskopisch ermittelt: aus der Rotationsstruktur des (0-0) Überganges $O_2(b^1\Sigma_g^+ \rightarrow O_2(X^3\Sigma_g^-)$ sowie aus dem Verhältnis der Maxima zweier Linien ihres P- und Q-Zweiges. Letztere Methode lieferte brauchbare Werte auch bei der bekannt schwachen Emission des O_2 -Plasmas, insbesondere bei kleinen Stromstärken. Die Messungen stimmen gut mit Werten aus der Lösung der radialen Wärmebilanz überein. Die Achsentemperaturen zeigen signifikante Sprünge beim Übergang von der H- zur T-Form und widerspiegeln deutlich die dabei auftretende Hysterese.

Gefördert im Rahmen des SFB-TR 24, Projekt B1

P IV.27 Do 16:00 Poster C2

Erosion dotierter Kohlenstoffmaterialien in Deuterium-Niedertemperaturplasmen bei verschiedenen Oberflächentemperaturen

— ●PATRICK STARKE¹, DAVID FILIMONOV¹, MARTIN BALDEN², MANUEL MARTINEZ ESCANDELL³ und JOSE MANUEL RAMOS FERNANDEZ³ — ¹Lehrstuhl für Experimentelle Plasmaphysik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, 85748 Garching — ³Departamento de Química Inorgánica, Universidad de Alicante, 03080 Alicante, Spanien

Kohlenstoff ist aufgrund seiner einzigartigen thermomechanischen Eigenschaften im zukünftigen Fusionsexperiment ITER als Wandmaterial im Bereich der höchsten Leistungsflüsse auf die Wand vorgesehen. Ein großes Problem dabei ist allerdings die starke Wechselwirkung mit Wasserstoffplasmen, die zur Bildung von Kohlenwasserstoffen führt. Eine Dotierung des Materials führt zu einer Reduktion der Erosionsausbeute. In einem induktiv gekoppelten HF-Plasma ($E(\text{Ion}) = 30$ eV) wurden Titan- und Zirkondotierte Proben (Dotierkonzentration ca. 2 at%) bei Oberflächentemperaturen von 300 K und 630 K erodiert. Zeitaufgelöste Erosionsausbeuten wurden dabei mit Hilfe optischer Emissionsspektroskopie und Gewichtsverlustmessungen bestimmt. Die Ionen- und Neutralteilchenzusammensetzung im Plasma erhielt man mittels energieauflösender Massenspektroskopie. Anschließend wurden die Morphologien der Proben mittels REM untersucht. Die Ergebnisse werden Resultaten aus Ionenstrahlexperimenten bei gleicher Ionenenergie und Substrattemperatur gegenübergestellt.