

Plasma Physics Division (P)

Klaus-Dieter Weltmann
 Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V.
 Felix-Hausdorff-Straße 2
 17489 Greifswald
 weltmann@inp-greifswald.de

Overview of Invited Talks and Sessions

(lecture rooms B 302 and B 305; poster Lichthof)

Invited Talks

P 4.1	Tu	11:40–12:10	B 305	Experiments and Simulations of Dusty Plasmas — ●ANDRE MELZER
P 4.2	Tu	12:10–12:40	B 305	Electrostatic microparticle propulsion for space flights — ●THOMAS TROTTENBERG, VIKTOR SCHNEIDER, HOLGER KERSTEN
P 11.1	We	11:00–11:30	B 305	Intermittent plasma transport — ●THOMAS WINDISCH, OLAF GRULKE, THOMAS KLINGER
P 11.2	We	11:30–12:00	B 305	Structure formation in drift-wave turbulence — ●PETER MANZ, MIRKO RAMISCH, ULRICH STROTH
P 11.3	We	12:00–12:30	B 305	Dynamic behaviour of dc discharges — ●DETLEF LOFFHAGEN, FLORIAN SIGENEGER
P 11.4	We	12:30–13:00	B 305	The numerical simulation of diffuse axial magnetic field vacuum arcs — ●ANDREAS HAUSER, WERNER HARTMANN, ANDREAS LAWALL, ROMAN RENZ, NORBERT WENZEL
P 15.1	Th	11:00–11:30	B 305	Hydrogen retention in tungsten - from laboratory experiments to ITER — ●MATEJ MAYER, OLGA OGORODNIKOVA, VOLKER ROHDE, JOACHIM ROTH, PWI TEAM, ASDEX UPGRADE TEAM
P 15.2	Th	11:30–12:00	B 305	Active control of tokamak instabilities by resonant magnetic perturbations — ●YUNFENG LIANG
P 15.3	Th	12:00–12:30	B 305	The latest experimental results for the edge transport barrier in tokamaks — ●ELISABETH WOLFRUM, BERND WIELAND, PHILIP SCHNEIDER, ANDREAS BURCKHART, BERND KURZAN, RAINER FISCHER, THOMAS PUETTERICH, ASDEX UPGRADE TEAM
P 15.4	Th	12:30–13:00	B 305	Physik der Mikroplasmen — ●VOLKER SCHULZ-VON DER GATHEN

Invited talks of the joint symposium SYDP

See SYDP for the full program of the Symposium.

SYDP 1.1	Mo	16:30–17:00	F 107	Experimental all-optical one-way quantum computing — ●ROBERT PREVEDEL
SYDP 1.2	Mo	17:00–17:30	F 107	Benchmarks and statistics of entanglement dynamics — ●MARKUS TIERSCH
SYDP 1.3	Mo	17:30–18:00	F 107	Squeezed Light For Gravitational Wave Astronomy — ●HENNING VAHLBRUCH
SYDP 1.4	Mo	18:00–18:30	F 107	High-precision mass measurements with Penning traps — ●SEBASTIAN GEORGE

Invited talks of the joint symposium SYLA

See SYLA for the full program of the Symposium.

SYLA 1.1	We	14:00–14:30	E 415	How the laser happend — ●HERBERT WELLING
SYLA 1.2	We	14:30–15:00	E 415	The origin of the quantum theory of lasing — ●FRITZ HAAKE
SYLA 1.3	We	15:00–15:30	E 415	Lasers for precision measurements — ●THOMAS UDEM
SYLA 1.4	We	15:30–16:00	E 415	Short, Ultra Short, Atto Short — ●DIETRICH VON DER LINDE

SYLA 2.1	We	16:30–17:00	E 415	Our Daily Life with Semiconductor Lasers — ●DIETER BIMBERG
SYLA 2.2	We	17:00–17:30	E 415	Power to the Industry - the story of Laser upscaling — ●REINHART POPRAWE
SYLA 2.3	We	17:30–18:00	E 415	The Outstanding Qualities of Fiber Lasers and Thin Disk Lasers — ●ADOLF GIESEN
SYLA 2.4	We	18:00–18:30	E 415	Solid State Lasers:meeting the challenges of the 21st Century — ●ROBERT L. BYER

Invited talks of the joint symposium SYMP

See SYMP for the full program of the Symposium.

SYMP 1.1	We	14:00–14:30	A 001	Cold atmospheric argon plasma significantly decreases bacterial load of chronic wounds in patients — ●GEORG ISBARY, WILHELM STOLZ, HANS-ULRICH SCHMIDT, TETSUJI SHIMIZU, BERND STEFFES, JULIA ZIMMERMANN, TETYANA NOSENKO, WOLFRAM BUNK, ROBERTO MONETTI, GREGOR MORFILL
SYMP 1.2	We	14:30–15:00	A 001	Cold atmospheric plasma jet for potential dentistry use — ●AXEL SCHINDLER, ANTJE LEHMANN, STEFAN RUPF, MATTHIAS HANNIG
SYMP 1.3	We	15:00–15:30	A 001	Risk Assessment of the Application of a Plasma-Jet in Dermatology — ●JÜRGEN LADEMANN, HEIKE RICHTER, ALEXA PATZELT, AXEL KRAMER, PETER HINZ, KLAUS-DIETER WELTMANN, BERND HARTMANN, NILS-OLAF HÜBNER, OLAF LADEMANN
SYMP 1.4	We	15:30–16:00	A 001	Plasmachemical Processes for Bioactive Titanium Implant Surfaces — ●KARSTEN SCHRÖDER, MARTIN POLAK, BIRGIT FINKE, ANDREAS OHL, INA KOBAN, THOMAS KOCHER, BARBARA NEBE, RAINER BADER, GEROLD LUKOWSKI, MICHAEL SCHLOSSER, KLAUS-DIETER WELTMANN
SYMP 1.5	We	16:30–17:00	A 001	Pulsed electric field degrades melanoma cells — ●UWE PLIQUETT, RICHARD NUCHITELLI
SYMP 1.6	We	17:00–17:30	A 001	Pulsed electric field application as a cell disintegration and decontamination technique for food-, bio- and environmental engineering — ●VOLKER HEINZ, STEFAN TOEPFL
SYMP 1.7	We	17:30–18:00	A 001	Effects of Microsecond- and Nanosecond-Pulsed-Electric-Fields on Plant Cells — ●THOMAS BERGHÖFER, BIANCA FLICKINGER, CHRISTIAN EING, MARTIN SACK, PETRA HOHENBERGER, PETER NICK, MICHAEL PACHER, HOLGER PUCHTA, WOLFGANG FREY
SYMP 1.8	We	18:00–18:30	A 001	Electrochemotherapy - An efficient electroporation based tumor treatment — ●DAMIJAN MIKLAVCIC

Invited talks of the joint symposium SYPS

See SYPS for the full program of the Symposium.

SYPS 1.1	Fr	11:00–11:30	A 001	Status of QED tests in heavy highly charged ions — ●PAUL INDELICATO
SYPS 1.2	Fr	11:30–12:00	A 001	Penning trap mass spectrometry with highly charged ions — ●SZILARD NAGY
SYPS 1.3	Fr	12:00–12:30	A 001	Diagnostic of Hot Dense Plasmas by Advanced XUV and X-ray Spectroscopy — ●INGO USCHMANN
SYPS 1.4	Fr	12:30–13:00	A 001	Measurements of masses and beta-lifetimes of stored exotic highly charged ions — ●FRITZ BOSCH
SYPS 2.1	Fr	14:00–14:30	A 001	Exciting and ionizing trapped highly charged ions with electrons and photons in an EBIT — ●JOSÉ R. CRESPO LOPÉZ-URRUTIA
SYPS 2.2	Fr	14:30–15:00	A 001	Precision x-ray spectroscopy of intense laser-plasma interaction experiments — ●NIGEL WOOLSEY

Sessions

P 1.1–1.9	Mo	14:00–16:25	B 302	Plasmatechnology
P 2.1–2.14	Mo	14:00–18:10	B 305	Diagnostics
P 3.1–3.4	Mo	16:45–17:45	B 302	Dusty Plasmas

P 4.1–4.2	Tu	11:40–12:40	B 305	Invited Talks Melzer, Trottenberg
P 5.1–5.6	Tu	14:15–15:55	B 302	Theory/Modelling I
P 6.1–6.7	Tu	14:15–16:10	B 305	Low Temperature Plasmas I
P 7.1–7.20	Tu	16:00–18:00	Lichthof	Poster: Dusty Plasmas
P 8.1–8.23	Tu	16:00–18:00	Lichthof	Poster: Low Temperature Plasmas I
P 9.1–9.11	Tu	16:00–18:00	Lichthof	Poster: Plasmatechnology
P 10.1–10.5	Tu	16:00–18:00	Lichthof	Poster: Theory/Modelling I
P 11.1–11.4	We	11:00–13:00	B 305	Invited Talks Windisch, Manz, Loffhagen, Hauser
P 12.1–12.4	We	14:30–15:40	B 302	Theory/Modelling II
P 13.1–13.10	We	14:30–17:30	B 305	Magnetic Confinement
P 14.1–14.7	We	16:30–18:15	B 302	Miscellaneous
P 15.1–15.4	Th	11:00–13:00	B 305	Invited Talks Mayer, Liang, Wolfrum, Schulz-von der Gathen
P 16.1–16.6	Th	14:15–15:55	B 302	Plasma-Wall Interaction
P 17.1–17.5	Th	14:15–15:50	B 305	Low Temperature Plasmas II
P 18.1–18.21	Th	16:00–18:00	Lichthof	Poster: Diagnostics
P 19.1–19.11	Th	16:00–18:00	Lichthof	Poster: Low Temperature Plasmas II
P 20.1–20.6	Th	16:00–18:00	Lichthof	Poster: Magnetic Confinement
P 21.1–21.4	Mo	16:00–18:00	Lichthof	Poster: Plasma-Wall Interaction
P 22.1–22.7	Th	16:00–18:00	Lichthof	Poster: Theory/Modelling II
P 23.1–23.4	Th	16:00–18:00	Lichthof	Poster: Miscellaneous

Mitgliederversammlung des Fachverbands Plasmaphysik

Dienstag 12:40–13:10 B 305

P 1: Plasmatechnology

Time: Monday 14:00–16:25

Location: B 302

Topical Talk

P 1.1 Mo 14:00 B 302

Simulation des Plasmajet-Hochratenätzens von massivem Quarzglas — ●JOHANNES MEISTER und THOMAS ARNOLD — Leibniz-Institut für Oberflächenmodifizierung, Leipzig, Deutschland

Plasma Jet Machining (PJM) - ein lokales trockenchemisches Ätzverfahren auf Fluorbasis mittels atmosphärischen Plasmajets ist eine viel versprechende Technologie zur deterministischen Ultrapräzisionsbearbeitung von insbesondere optischen Quarzglasbauteilen. Mittels eines leistungsstarken Mikrowellenplasmajets können berührungslos hohe Abtragsraten erzielt werden, wie sie für die Asphärisierung benötigt werden. Allerdings führt der hohe Wärmeeintrag des Jets ins Werkstück zu einem nichtlinearen Ätzverhalten des rein chemischen temperaturabhängigen Abtragsprozesses, was die Konvergenz des Verfahrens erheblich mindert. Daher wurde eine Methode entwickelt, welche mit hoher Orts- und Zeitaufösung den Wärmeeintrag des Jets ermittelt. Mithilfe eines FEM-Modells für die Wärmeleitung des Werkstückes lässt sich dann die Temperaturentwicklung während eines Bearbeitungsprozesses extrapolieren. Anhand von wohldefinierten Teststützungen wird außerdem eine temperaturabhängige Abtragsfunktion bestimmt. Damit ist es möglich, den tatsächlichen zu erwartenden Abtrag vorauszusagen. Mit dieser Information kann die Formgenauigkeit zur Zieltopologie erheblich verbessert werden.

P 1.2 Mo 14:25 B 302

Optimierung von Barrierschichten mittels Substratbias — ●EVELYN HÄBERLE¹, JOCHEN KOPECKI¹, ANDREAS SCHULZ¹, MATTHIAS WALKER¹, ULRICH STROTH¹, ANDREAS MUTZKE² und RALF SCHNEIDER² — ¹Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Greifswald

Die Eigenschaften von Barrierschichten, die in einem Mikrowellen-PECVD-Prozess abgeschieden werden, wurden mit Hilfe eines Substratbias im kHz-Bereich verbessert. Die Schichten bestehen aus SiO_x bzw. Si_xN_y und dienen als Barriere zwischen dem Substrat und Dünnschichtszellen. In diesem Prozess kann der Teilchenfluss auf das Substrat unabhängig von der Energie der auftreffenden Ionen gesteuert werden. Grundlegende Untersuchungen von auf strukturierten Si-Wafern abgeschiedenen Schichten zeigen den Einfluss des Substratbias auf das Aufwuchsverhalten der Schicht speziell an Stellen von Vertiefungen im Substrat. Die angelegte Vorspannung führt zu einer besseren Auskleidung der Rillen mit Schicht und zu einem Verschmelzen der Schicht über entstehenden Hohlräumen, so dass keine Pinholes in der Schicht vorhanden sind. Zusätzlich wurde der Einfluss des Substratbias auf die molekulare Zusammensetzung der Schichten mittels In-situ-FTIR-Spektroskopie untersucht.

Die experimentellen Ergebnisse zur Form der aufwachsenden Schicht auf den Modellsubstraten werden mit Simulationen verglichen. Dazu werden als einfaches Modellsystem a-Si:H-Schichten verwendet, die in einem reinen Silanplasma abgeschieden werden. Erste Ergebnisse dieses Vergleichs werden vorgestellt.

P 1.3 Mo 14:40 B 302

Lokale Abscheidung von Siliziumoxidschichten mittels atmosphärischen Plasmajets — ●MANUELA JANIETZ und THOMAS ARNOLD — Leibniz-Institut für Oberflächenmodifizierung, Leipzig, Deutschland

Für Siliziumoxidschichten gibt es ein breites Anwendungsfeld, das jedoch durch die bisherigen Herstellungsmethoden, die hohe Temperaturen oder niedrige Drücke erfordern, eingeschränkt wurde. Der vorgestellte Plasmajet arbeitet hingegen in offener Umgebungsluft und ermöglicht die Bearbeitung temperaturempfindlicher Materialien. Aufgebaut ist er aus zwei koaxialen Rohren, in denen die Prozessgase Helium, Stickstoff und Sauerstoff mittels gepulster Mikrowellenstrahlung (2,45 MHz) angeregt werden. Als Siliziumlieferant wird das Monomer Hexamethyldisiloxan (HMDSO) eingesetzt. Bei einem Gesamtgasfluss von circa 1500 sccm und Mikrowellenleistungen zwischen 3 und 5 W wurden Abscheidungsraten bis zu 30 nm/s erzielt. Die hergestellten Siliziumoxidschichten von einigen hundert Nanometern Dicke wurden in Abhängigkeit von den Plasmametern umfangreich hinsichtlich chemischer Zusammensetzung und physikalischer Eigenschaften charakterisiert.

P 1.4 Mo 14:55 B 302

Construction and Characterization of Micro Plasma Jet for Thin Film Deposition on Capillary. — ●RAMASAMY POTHIRAJA, NIKITA BIBINOV, PHILIPP MERTMANN, and PETER AWAKOWICZ — Institute for Electrical Engineering and Plasma Technology, Ruhr-Universität Bochum, Germany.

A micro plasma jet operating with variable applied voltage, frequency, reacting gas has been developed. An axial directed long filamentary discharge ignited in this micro plasma jet in inert gas and nitrogen will be used for film deposition in tube and capillaries. Methane and acetylene will be used as precursor gas for production of chemically active radicals. For the optimization of deposition condition, discharge is characterized using optical emission spectroscopy (OES) with time and spatial resolution. Electron distribution function and electron density are determined using OES and numerical simulations. The influence of nature of plasma forming gas, applied voltage and gas flow rate on plasma parameters like filament geometry, reduced electric field, electron density and its energy distribution, rate constant for the different reactions have also been studied. These results will be presented and compared with the plasma parameters obtained for similar plasma generating instrument *Plasma brush(Regd.)*.

P 1.5 Mo 15:10 B 302

Ätzmechanismen bei der Bearbeitung von SiC mittels atmosphärischer Plasmajets — ●INGA-MARIA EICHENTOPF und THOMAS ARNOLD — Leibniz-Institut für Oberflächenmodifizierung, Permoserstrasse 15, D-04318 Leipzig

Siliziumkarbid ist aufgrund hervorragender Eigenschaften, wie seiner großen Härte, sehr guter thermischer Leitfähigkeit und großer Bandlücke ein vielversprechendes Halbleitermaterial, dessen Anwendungen von der Luft- und Raumfahrttechnik bis hin zur Halbleiterindustrie reichen. Wegen seiner Eigenschaft chemisch inert zu sein, ist das plasmaaktivierte Trockenätzen eines der wenigen praktikablen Mittel um Siliziumkarbid zu bearbeiten. Zur Untersuchung der dabei stattfindenden Prozesse wurden Experimente mit einem RF (13.56 MHz) angeregten atmosphärischen Plasmajet durchgeführt. Als Trägergas diente hierbei He mit Zugabe von CF₄ und O₂ als Ätzgasen. Es wurden Ätzungen mit und ohne Probenheizung bei verschiedenen CF₄/O₂-Gemischen durchgeführt. Anschließend wurden mit Hilfe von Arrhenius-Plots die Aktivierungsenergien bestimmt. Weiterhin wurden XPS-Untersuchungen an den geätzten Oberflächen vorgenommen, die ein unterschiedliches Verhalten der silizium- und kohlenstofforientierten Seite in Form von Bildung verschiedener Oxidationsprodukte zeigen.

P 1.6 Mo 15:25 B 302

Filamentary and homogeneous DBD modes for human skin treatment: Discharge characterization and simulation of surface irradiation — ●PRIYADARSHINI RAJASEKARAN¹, PHILIPP MERTMANN¹, NIKITA BIBINOV¹, DIRK WANDKE², WOLFGANG VIOEL³, and PETER AWAKOWICZ¹ — ¹AEPT, Ruhr Universität Bochum — ²Cinogy GmbH — ³HAWK & Laser-Laboratorium, Goettingen

The DBD plasma source comprises of a ceramic-covered copper electrode and is suitable for direct use on human body. A homogeneous discharge superimposed with plasma filaments is ignited on the surface of the human body as seen by microphotography. Stochastic filamentary discharge is obtained with aluminium plate and PBS solution, and homogeneous discharge with glass, as opposite electrodes. During treatment, when the plasma source encounters a raised point like hair strand on the body surface, a single-filamentary discharge is ignited. To study this discharge mode, grounded aluminium spike is used as counter electrode. These 3 different DBD modes are characterized by determining gas temperature, electron density & electron energy distribution function (EEDF) by applying optical emission spectroscopy (OES), current-voltage measurements, numerical simulation and microphotography. The fluxes of photons, nitric oxide and ozone to the treated surface are calculated. Plasma conditions and the production of active species in each mode are distinct. The estimated fluxes in the single filamentary mode are the highest but the treated surface area is very small. For treating larger area, the homogeneous DBD is more effective than the stochastic filamentary discharge.

P 1.7 Mo 15:40 B 302

Untersuchungen zur Aufladung und Abscheidung von polydispersen Aerosolen durch Barrierentladungen — ●ABDELALI BOUGOUTAYA, SIEGFRIED MÜLLER und TILA KRÜGER — Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V., Greifswald

Hintergrund der Untersuchungen bildet die Haftung von Partikeln an Oberflächen von Elektroden oder Isolierstoffschichten. Dies ist bei der Suche nach geeigneten Entladungskonfigurationen und Verfahren für die Plasmabehandlung von Partikeln aber auch die Gasreinigung allgemein von Bedeutung. Von Interesse war, ob sich der Aerosoltransfer mit Mitteln der Ansteuerung des Entladungssystems oder auch durch geeignete Wahl der Entladungskonfiguration steuern lässt. Es wurden Untersuchungen zur Aufladung von Aerosolen und zur Abscheidung an Oberflächen unter Einbeziehung von Aerosolmessungen im Wandbereich gemacht. Als Plasmaquelle diente eine Oberflächenentladungs-Konfiguration (SD-DBD). Zur Steuerung des Aufladungsprozesses wurden Ionen beiderlei Vorzeichens aus dem Entladungssystem extrahiert. Untersucht wurden die Einflüsse von Pulsmustern, der Frequenz, der Spannungspulse (pos., neg. Amplitude, Form) und der Position des Extraktionselementes (Extraktionselektrode). Neben Messungen zum Abscheideverhalten wurde das Entladungssystem hinsichtlich der Ionendichten charakterisiert. Das Abscheideverhalten der Aerosole wurde mit einem Aerosolspektrometer, welches nach dem Prinzip der Mie-Streuung arbeitet, gemessen. Zur Bestimmung der Ionenkonzentrationen fand ein Ionometer Anwendung.

P 1.8 Mo 15:55 B 302

Beladung und Plasmaregeneration von mineralischen Gasadsorbern — ●TILA KRÜGER, SIEGFRIED MÜLLER und ABDELALI BOUGOUTAYA — Leibniz-Inst. für Plasmaforschung und Technologie e.V., Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald

Mineralische Gasadsorber finden gegenwärtig eine breite Anwendung im Bereich der Gasreinigung. Gegenüber anderen Reinigungsmethoden erweisen sich insbesondere die Herstellungs- und Betriebskosten sowie die Wiederverwendbarkeit als vorteilhaft. Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Beladung natürlich vorkommender Adsorber und deren Regeneration mit einem Niedertemperaturplasma. In den Versuchen erfolgte eine Belegung der Adsorberoberfläche mit Ozon und

Ammoniak. Der Beladungsprozess vollzog sich mit dem Rohgas im durchströmten System und zumeist bis zum Durchbruch. Für eine anschließende Regeneration im Plasma eignete sich der dafür entwickelte Pellet-Reaktor, welcher bevorzugt getaktet betrieben wurde. Im Falle der NH_3 -Beladung erfolgte die Freisetzung von zuvor adsorbiertem Gas. Vom Grundprinzip her stellt dieser Aufbau eine dielektrisch behinderte Entladung (DBE) dar. Zur Optimierung des Verfahrens wurden verschiedene Entladungsparameter variiert. Es zeigte sich, dass mit dem gewählten Plasmaverfahren das Adsorbentmaterial mehrmals beladen und nachfolgend regeneriert werden konnte.

P 1.9 Mo 16:10 B 302

Removal of volatile organic compound using a multi stage packed bed reactor under atmospheric conditions — ●MARKO HÜBNER¹, OLIVIER GUAITELLA², ANTOINE ROUSSEAU², and JÜRGEN RÖPCKE¹ — ¹INP Greifswald e.V., Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald — ²LPP Ecole Polytechnique, Route de Saclay, 91128 Palaiseau

A plurality of industrial processes involves the treatment of volatile organic compounds, VOC. They are input product or part of the exhaust gas streams. Because of the toxicological properties some of them have they must not be freed into the environment. A contaminated gas stream has therefore been to be cleaned. This contribution reports a VOC destruction method based on a new approach introduced by Whitehead and co-workers. They used a serial combination of several active stages. One stage consists of two stainless steel grid shaped electrodes filled with glass beads. The VOC contaminated gas flows perpendicular to the electrodes. Harling [1] has been able to demonstrate that the VOC destruction rate of such an arrangement increased nonlinear compared to a parallel arrangement of the same number of stages. This phenomenon has been investigated. For this reason the dependency of the destruction rate on the initial concentration of the test VOC ethylene, the number of active stages, the surface structure and the resulting creation rate of by-products has been investigated using a single layer stage. The composition of the input and output gas flow has been identified and quantified using FTIR- and TDL absorption spectroscopy. The main products detected have been CO , CO_2 , H_2CO and H_2CO_2 . [1] Harling, A.M., DOI: 10.1021/es703213p

P 2: Diagnostics

Time: Monday 14:00–18:10

Location: B 305

Topical Talk

P 2.1 Mo 14:00 B 305

Orts- und zeitaufgelöste Dichtemessung in reaktiven Plasmen mit der Plasma-Absorptionssonde — ●CARSTEN SELLE, MARC BÖKE und JÖRG WINTER — Institut für Experimentalphysik II, Center for Plasma Science and Technology, Ruhr-Universität Bochum

Die Plasma-Absorptionssonde ist ein effektives Messsystem zur Bestimmung der Elektronendichte, besonders in reaktiven Plasmen. Die Messmethode beruht auf der aktiven Resonanzspektroskopie, bei der mit Hilfe eines Netzwerk-Analysators der S11-Parameter einer im Plasma befindlichen Monopolantenne gemessen wird. Eine dielektrische Abschirmung schützt die Sonde gegen Einflüsse reaktiver Plasmen, so dass unter Bedingungen gemessen werden kann, bei denen z. B. eine Langmuir-Sonde nicht einsetzbar ist. Ortsaufgelöste Messungen zur Erstellung von Dichteprofilen sind so einfach möglich. Auch zeitlich variierende Elektronendichten, beispielsweise in einer gepulsten Plasmaentladung, können gemessen werden. Zur Zeit wird eine Zeitauflösung von 10 Mikrosekunden erreicht.

P 2.2 Mo 14:25 B 305

Aktive Plasmaresonanzspektroskopie mit der Multipolresonanzsonde — ●RALF PETER BRINKMANN, MARTIN LAPKE, THOMAS MUSSENBRÖCK, TIM NIEDZALKOWSKI und JENS OBERRATH — Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, Ruhr-Universität Bochum

Aktive Plasmaresonanzspektroskopie ist ein aussichtsreiches Konzept für eine prozessverträgliche und fertigungskompatible Plasmadiagnostik. Das Prinzip beruht auf der charakteristischen Eigenschaft von Niederdruckplasmen, bei Anregung mit einem Hochfrequenzsignal ω nahe der Elektronenplasmafrequenz ω_{pe} in ausgeprägte Resonanz zu geraten. Aus der Beobachtung des Resonanzverhaltens mit Hilfe einer geeigneten Messmethode lassen sich dann Rückschlüsse auf den Zustand des Plasmas ziehen. Bekannt und in der Literatur genannt

sind die hairpin probe, die plasma absorption probe, und die plasma transmission probe. Allerdings weisen die bekannten Verfahren zwei Schwachstellen auf: Die Verfahren liefern nicht immer eindeutig interpretierbare Messergebnisse und sie sind zu kostenaufwendig. Dieser Vortrag beschreibt eine neue Umsetzung des Konzeptes. Die Multipolresonanzsonde ist eine dielektrisch umhüllte Anordnung zweier voneinander isolierter Halbkugeln, die mit den Polen einer auch als Halterung dienenden Hochfrequenz-Zuleitung verbunden sind. Eine mathematische Analyse des Systems Sonde/Plasma zeigt, dass die Systemimpedanz als Summe unendlich vieler Multipolmoden beschrieben werden kann; ihre jeweilige Lage und Dämpfung enthält die gesuchten Informationen über das Plasma.

P 2.3 Mo 14:40 B 305

Absolute, räumliche Dichtebestimmung von NH und NH₂ Radikalen in einem Mikroplasma mit Planar-LIF und Cavity Ring-Down Spektroskopie — ●MARTIN VISSER, ANDREAS SCHENK und KARL-HEINZ GERIČKE — Institut für Physikalische und Theoretische Chemie, TU Braunschweig

Für das Verständnis der bestimmenden Mechanismen bei plasmachemischer Oberflächenfunktionalisierung von Kunststoffen ist die Art und Dichte der in dem Prozess aktiven Spezies von Bedeutung. In unserer an einem kapazitiv gekoppelten Mikroplasma durchgeführten Untersuchung stehen die Radikale NH und NH₂ im Mittelpunkt. Diese stehen im Verdacht bei der Funktionalisierung von Polymeroberflächen mit stickstoffhaltigen Gruppen (Amino, Nitril) eine tragende Rolle zu spielen. Ziel ist Bestimmung der absoluten Dichte und der räumliche Verteilung der beiden Spezies. Zu diesem Zweck werden zwei etablierte spektroskopische Techniken kombiniert, Planare Laserinduzierte Fluoreszenz und Cavity Ring-Down Spektroskopie. Erstere ermöglicht durch zweidimensionale Anregung und Detektion (abgeflachter

Laserstrahl bzw. ICCD-Kamera) mit hoher Zeitauflösung ein Dichteprofil zu erstellen, letztere ermöglicht eine absolute Konzentrationsmessung mit welcher die PLIF-Daten kalibriert werden.

P 2.4 Mo 14:55 B 305

First Results Of Streamer Formation During Dielectric Surface Flashover At Atmospheric Pressures — ●KLAUS FRANK, JIM DICKENS, LYNN HATFIELD, MAGNE KRISTIANSEN, GEORGE LAITY, ANDREAS NEUBER, and GARRETT ROGERS — Center for Pulsed Power and Power Electronics, Box 43102, Lubbock, TX 79409-3102, USA

This paper describes some initial results from an experimental setup designed for studying the optical emission during pulsed surface flashover at atmospheric gas pressure for the wavelength range between 115 nm to 180 nm at atmospheric pressures. Typical discharge parameters at atmospheric pressure are a flashover spark length of about 8 mm under a pulsed (thyristor switched) 35 kV, 20 A excitation. Experimental results of streamer formation recorded with a CCD camera (Andor 734) having a high sensitivity and a good resolution in space and time are presented. One important parameter on which the streamer formation and the subsequent breakdown strongly depends is the gas composition. That is why the streamer formation was recorded for gated intervals from 4 to 50 ns in standard nitrogen, oxygen and purified oxygen and nitrogen. It can be concluded that most of the VUV emission occurs during the streamer formation stage of the flashover event. This is important because it is believed only radiation below 180 nm is energetic enough to cause photoionization leading to the development of a streamer discharge. Since up to now little is known about VUV emission during this initial stage, more time-resolved experiments are necessary.

P 2.5 Mo 15:10 B 305

Aktive Resonanzspektroskopie in Niederdruckplasmen: Analyse verschiedener Konzepte — ●MARTIN LAPKE, JENS OBERRATH, THOMAS MUSSENBRÖCK und RALF PETER BRINKMANN — Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, Ruhr-Universität Bochum

Eine industriekompatible Plasmadiagnostik muss robust und stabil sein, soll eine eindeutige und kalibrationsfreie Auswertung ermöglichen, und darf den zu überwachenden Prozess weder elektrisch noch chemisch stören. Anschaffung, Unterhalt und Platzbedarf müssen vertretbar sein. Gerade im Fall schichtabscheidender Plasmaprozesse, wie sie z.B. in den optischen Technologien vielfach zur Anwendung kommen, sind diese Forderungen besonders schwer zu erfüllen. In der Vergangenheit wurden bereits verschiedene Realisierungen des Grundprinzips der aktiven Resonanzspektroskopie vorgeschlagen [1]. Eine wichtige Klasse dieser Methoden basiert auf sogenannten Oberflächenmoden, die unterhalb der Plasmafrequenz angeregt werden.

Ausgehend von funktionalanalytischen Methoden wird ein Modell für diese Klasse von Methoden entwickelt, das für beliebige Bauformen anwendbar ist. Die Lösung zeigt, dass ein möglichst symmetrisches Design die ideale Bauform darstellt. Als Beispiel sei die MRP [2] erwähnt, die zum Einen eine algebraische Lösung des Resonanzverhalten erlaubt, und zum Anderen durch ihren Dipolcharakter das Plasma nur lokal stört.

[1] Braithwaite et al., Plasma Sources Sci. Technol. **18** 014008 (2009)

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

P 2.6 Mo 15:25 B 305

Influence of the DC-Stark Effect on the Interpretation of Laser-Induced Breakdown Spectroscopy — ●WALDEMAR HÜBERT, PETER KOHNS, and GEORG ANKERHOLD — RheinAhrCampus, University of Applied Sciences Koblenz, Südallee 2, 53424 Remagen, GERMANY

A serious drawback of laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS) are line broadening and line shifting effects which often prevent the elemental identification of an unknown sample. By determining the temporal dependency of several plasma parameters like the plasma particle density, plasma temperature and the volume of the plasma cloud we show that the DC-Stark effect is the predominant cause for line broadening and line shifting. The DC-Stark effect strongly depends on the free charge carrier density inside the laser-generated microplasma which in turn decreases over the time as the plasma expands and the carriers recombine. These observations lead to suggestions for improved automatic LIBS software promising a smaller probability of wrong elemental identification and making LIBS more attractive for industrial applications.

P 2.7 Mo 15:40 B 305

Electron density measurements of an inductive coupled plasma with a one port microwave interferometer — ●MATHIAS ANDRASCH, JÖRG EHLBECK, JENS HARHAUSEN, RÜDIGER FOEST, and KLAUS-DIETER WELTMANN — Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V.

The electron density is one of the fundamental parameters of non equilibrium plasmas. A standard microwave interferometer method is the two port measurement, which requires two accessible windows in the reactor. Most industrial plasma reactors, however, have only one accessible window, thus favoring a one port microwave interferometer method where a microwave mirror is placed at the opposite side of the reactor wall. The interferometer works at 45.5 GHz and separates the forwarded and the reflected wave. With this system the line integrated electron densities in an inductive coupled plasma (13.56 MHz) (Ar, N₂, 0.2-8.0 Pa, 30-1000 W) are determined. Langmuir probe measurements provide the radial profile of the electron density. These profiles are fitted with Bessel functions and serve for the determination of spatially resolved density values from the microwave interferometric measurements. The densities are in good agreement with the Langmuir probe results. Maximum values $1 \cdot 10^{18} m^{-3}$ are obtained in the center of the vessel at an axial distance of 0.24 m from the antenna window of the ICP source. (Partially Funded by BMBF, FKZ: 13N9320)

P 2.8 Mo 15:55 B 305

Bestimmung der Elektronendichte im Divertor von ASDEX Upgrade mit Hilfe der Stark-Verbreiterung der Balmer-Linien — ●STEFFEN POTZEL, RALPH DUX, ANDREA SCARABOSIO, MARCO WISCHMEIER und DAS ASDEX UPGRADE TEAM — Max Planck Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Garching, Deutschland

An ASDEX Upgrade ist eine neue Methode zur Bestimmung der Elektronendichte im Divertor, basierend auf der Stark-Verbreiterung der Balmer-Linien, entwickelt worden.

Dabei wird ein theoretisches Linienprofil im 'least square' Sinne mit der Elektronendichte als Parameter an die gemessene Balmer-Linie gefittet. Das theoretische Profil wird mit Hilfe der Tabellen von Stehlé und Hutcheon nach der Model Microfield Method (MMM) und unter Berücksichtigung von Zeeman-Effekt, Doppler-Verbreiterung und Spektrometerprofil berechnet. Die Messung der Balmer-Linie erfolgt mit einem Gitterspektrometer. Die gleichzeitige Messung von elf Sichtlinien mit einer Zeitauflösung von 4ms ermöglicht die linienintegrierte Bestimmung der poloidalen Verteilung der Elektronendichte.

Der Einfluß der Reflexion von Strahlung an den Wolframkacheln auf die Messung ist mit der Installation neuer Sichtlinien, die in einem Spalt zwischen zwei Kacheln enden, signifikant reduziert worden. Weiterhin sind diese Messungen konsistent mit anderen Divertordiagnostiken.

20 min. break.

P 2.9 Mo 16:30 B 305

Improved self-energy calculations for pressure broadening of spectral lines in dense plasmas — ●SONJA LORENZEN¹, AUGUST WIERLING¹, HEIDI REINHOLZ^{1,2}, and GERD RÖPKE¹ — ¹Institut für Physik, Universität Rostock, Deutschland — ²Institut für Theoretische Physik, Johannes Kepler Universität Linz, Österreich

Pressure broadening of Lyman-lines of hydrogen-like lithium (Li²⁺) is studied using a quantum statistical approach to the line shape in dense plasmas [1]. The electronic self-energy, which is an important correlative effect, enters into the line profile calculations as a basic input. So far, we have neglected the effect of strong, i.e. close, electron-emitter collisions, but they play generally an important rôle in dense plasmas, as has already been shown by Griem in [2].

We present a method to calculate an improved electronic self-energy including strong collisions based on a two-body T-matrix and an effective optical potential including non-local exchange effects [3]. The method is tested for level broadening of the ground state and the 2p state of hydrogen and compared to other T-matrix results [4]. The implications for the Lyman lines of Li²⁺ are discussed, too.

[1] S. Lorenzen et al., Contrib. Plasma Phys. **48**, 657 (2008)

[2] H. R. Griem, Spectral line broadening by plasmas (Academic Press, London, 1974)

[3] S. Lorenzen et al., to appear in Contrib. Plasma Phys., **50** (2010)

[4] S. Günter, Phys. Rev. E **48**, 500 (1993)

P 2.10 Mo 16:45 B 305

In-medium modification of K-line emission profiles of warm dense matter — ●ANDREA SENGEBUSCH, HEIDI REINHOLZ, and GERD RÖPKE — Universität Rostock - Institut für Physik, Rostock (Germany)

X-ray emissions in the keV energy range have shown to be suitable radiation to investigate the properties of laser-created solid-density plasmas [1,2]. A theoretical treatment of spectral line profiles based on a self-consistent ion sphere model is applied on moderately ionized mid-Z materials. We focus here on the influence of plasma polarization effects on the K-line emission energy and satellite transitions due to M-shell ionization and excitation. Titanium and chlorine K_{α} and K_{β} spectra were calculated in order to analyze recent measurements with respect to the plasma parameters of electron heated target regions. Radial temperature profiles as well the composition of the created warm dense matter are inferred [3,4].

[1] U. Zastra, P. Aubert, V. Bernshtam, et al., *submitted to PRL* (2009).

[2] E. Stambulchik, V. Bernshtam, L. Weingarten, et al., *J. Phys. A: Math. Theor.* **42** 214056 (2009).

[3] A. Sengebusch, H. Reinholz, G. Röpke, U. Zastra, et al., *J. Phys. A: Math. Theor.* **42** 214061 (2009).

[4] A. Sengebusch, H. Reinholz, G. Röpke, *Contrib. Plasma Phys.* **49** 748 (2009).

P 2.11 Mo 17:00 B 305

Effective rate coefficients for charge-exchange recombination spectroscopy of hydrogen-like ions — ●TOBIAS SCHLUMMER¹, OLEKSANDR MARCHUK¹, YURI RALCHENKO², WOLFGANG BIEL¹, and DETLEV REITER¹ — ¹Plasmaphysik, Institut für Energieforschung, FZ Jülich, 52428 Jülich, Germany — ²Physics Division, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD 20886, USA

For ITER a charge exchange recombination (CXR) spectrometer is planned to measure the densities of impurity ions. A neutral H-beam is injected into the plasma. During a CX reaction the beam atom donates its electron to the bare nucleus of the impurity ion. The highly excited state of the resulting H-like ion decays quasi instantaneously emitting characteristic light. The number of emitted photons is directly proportional to the population of excited states. CXRS diagnostics therefore provides one of the most reliable methods for local density measurements of bare nuclei. In this work the intensity of the CX spectral lines is calculated in terms of effective rate coefficients. The data have been obtained for transitions in the visible spectral range using the validated collisional radiative model NOMAD resolved in nl quantum numbers up to $n=20$. The new set of CX cross-sections was used as a major source of population of excited states. The corresponding populations of the H-like ions and consequently the rate coefficients are calculated by solving the rate balance equations for H-like and bare nucleus ions at the condition of quasi steady state. The rate coefficients have been obtained for impurities of interest like He and Ar as a function of plasma density, temperature and beam energy.

P 2.12 Mo 17:15 B 305

Bolometrie mit Dioden am Tokamak ASDEX Upgrade — ●MATTHIAS BERNERT, THOMAS EICH, CHRISTOPH FUCHS, BERNHARD REITER, ARNE KALLENBACH und ASDEX UPGRADE TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, 85748 Garching

Strahlungsleistung am Fusionsexperiment ASDEX Upgrade (AUG) wird standardmäßig mit Goldfolien-Bolometern, die Photonenenergien von ca. 1eV bis 8keV abdecken, gemessen. Es stellt eine absolut kalibrierte Messung mit einem Fehler von maximal 5% dar. Die zeitliche Auflösung ist typischerweise auf einige Millisekunden beschränkt.

In AUG wurden 6 neue Bolometer-Lochkameras (insgesamt 192 Sichtstrahlen) mit AXUV-Dioden des Herstellers IRD installiert. Diese Dioden lassen die Strahlungsleistung von Photonen mit 1eV bis 5keV durch einen zur Leistung proportionalen Strom mit einer Zeitauflösung

von derzeit $5\mu\text{s}$ messen.

Im wichtigen VUV-Spektralbereich (6-60eV, d.h. 20-200nm) zeigen die Dioden jedoch eine verringerte Sensitivität. Durch den Vergleich von Tomographien aus Folien- bzw. Diodenmessungen kann man daher Schlüsse über die Verteilung der VUV-Strahlung ziehen.

An einem Experiment wie AUG muss auf Alterungseffekte der Dioden geachtet werden. In mehreren Monaten Betrieb, was mehr als 3000 Plasmasekunden entspricht, wurden jedoch keine zeitlich veränderlichen Effekte durch eine Degeneration festgestellt.

Durch die neue Diagnostik können schnelle transiente Ereignisse wie z.B. ELMs oder Laser Blow Offs orts- und zeitaufgelöst analysiert werden. Erste Ergebnisse hiervon werden vorgestellt.

P 2.13 Mo 17:30 B 305

Überdichte Plasmen am Stellarator WEGA — ●TORSTEN STANGE, HEINRICH PETER LAQUA, MATTHIAS OTTE und STEFAN MARSEN — MPI für Plasmaphysik, 17491 Greifswald, EURATOM Association

Zur Temperaturbestimmung als auch zur Heizung von magnetisch eingeschlossenen Plasmen werden Elektron-Zyklotron-Wellen bei der Zyklotron-Frequenz der Elektronen sowie höherer Harmonischer verwendet. Bei speziellen Szenarien zukünftiger Stellaratoren und sphärischer Tokamaks kann jedoch die kritische Plasmadichte (Cut-off-Dichte) erreicht werden, so dass die Propagation der Mikrowellenstrahlung unterbunden wird. In diesen überdichten Plasmen ist aber die Ausbreitung einer elektrostatischen Zyklotron-Welle, der Elektron-Bernstein-Welle (EBW), möglich. Aufgrund eines unteren Dichtelimits (O-mode-cut-off) kann die EBW nur über die Konversion in eine elektromagnetische Welle (BXO) aus dem Plasma ausgekoppelt werden.

Mit Anwendung des umgekehrten Prozesses (OXB) können am Stellarator WEGA überdichte Plasmen in Argon und Helium bei einem Magnetfeld von 0.5 T erzeugt werden. Die zentrale Strahlungstemperatur, indirekt diagnostiziert über die EBW-Emission vom Plasma, liegt in diesem Fall im keV-Bereich. Es wird angenommen, dass durch die kleine Wellenlänge der eingekoppelten 28 GHz-Bernstein-Heizwelle eine äußerst effiziente resonante Heizung und Produktion von hochenergetischen Elektronen im Zentrum erreicht wird. Die Existenz dieser Überthermischen konnte gleichzeitig mit Röntgenmessungen nachgewiesen werden, wohingegen die Bulk-Elektronentemperatur, gemessen mit Langmuir-Sonden, bei einigen 10 eV liegt.

Topical Talk

P 2.14 Mo 17:45 B 305

Trielectronic recombination in highly charged ions —

●CHRISTIAN BEILMANN¹, OCTAVIAN POSTAVARU¹, LODEWIJK ARNTZEN¹, RAINER GINZEL¹, CHRISTOPH H. KEITEL¹, VOLKHARD MÄCKEL¹, PAUL H. MOKLER¹, MARTIN C. SIMON¹, HIRO TAWARA¹, JOACHIM ULLRICH¹, JOSÉ R. CRESPO LÓPEZ-URRUTIA¹, and ZOLTÁN HARMAN^{1,2} — ¹Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg, Germany — ²ExtreMe Matter Institute (EMMI), Darmstadt, Germany

The fundamental process of dielectronic recombination (DR) has, beside its relevance for the investigation of the atomic structure, a wealth of applications in plasma diagnostics. In DR, a free electron is captured by the potential of a highly charged ion and its energy is transferred to a bound electron that is excited by that, followed by radiative deexcitation. For plasma diagnostics, DR processes with K-shell excitation of midweight elements are in the focus of interest. Deexcitation of the K-shell by X-ray photon emission is an important plasma cooling mechanism in these cases, since the emitted photons carry away the kinetic energy of the captured electron.

Besides DR there are resonant recombination processes of higher order with the simultaneous excitation of two electrons, the so called trielectronic recombination (TR). Its significant contributions to the total recombination rates makes it necessary to consider these processes in calculations of cooling rates. We present the first measurements of TR with K-shell excitation [1] of Kr, Fe and Ar, carried out in an EBIT, and discuss the TR contributions in dependency of the atomic number.

[1] C. Beilmann, O. Postavaru, et al., *PRA* 80, 050702(R) (2009)

P 3: Dusty Plasmas

Time: Monday 16:45–17:45

Location: B 302

P 3.1 Mo 16:45 B 302

Dynamic light scattering on complex plasmas — ●ANDREAS ASCHINGER and JÖRG WINTER — Lehrstuhl für Experimentalphysik II, Ruhr-Universität Bochum, D-44780 Bochum

The weakly coupled state (gaseouslike) of a complex plasma can hardly be analysed by common CCD camera observation techniques since the dust grains attain very high thermal energies and therefore the movement cannot be followed by the CCD device anymore.

To examine the weakly coupled state and phase transitions of a complex plasma dynamic light scattering is proposed. The basic idea is to measure fluctuations in the scattered intensity caused by the change of the particle density distribution and thereby get information about the dynamic processes taking place in the particle cloud. Two kinds of intensity fluctuations on different time scales are expected. First, the fluctuation of the number of dust particles in the scattering volume causes the intensity to fluctuate on a slow time scale. This fluctuations reveal informations about particle velocity distribution, free mean path length and particle oscillations in the dust cloud.

Second, the interference pattern of the scattered electric field changes due to the particle movement on a much faster time scale. This interference fluctuations can be measured by spectroscopic methods and give access to fundamental interactions like dust-neutral/ion collisions (Brownian motion), dust-dust collisions and charge fluctuations.

P 3.2 Mo 17:00 B 302

Staub in magnetisierten Plasmen — ●JAN CARSTENSEN, FRANCO GREINER, HELGE KETELSEN und ALEXANDER PIEL — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität, D-24098 Kiel, Germany

Eine Möglichkeit ein Plasma zu erzeugen, welches eine hohe Staubkonzentration im Plasmavolumen aufweist, ist die Zugabe von C₂H₂. Dieses führt zu einer Produktion von α -C:H Partikeln. Die Größe der Staubpartikel kann über externe Parameter, wie Gasfluß oder HF-Leistung, eingestellt werden. Für Partikelradien kleiner 1 μ m spielt die Gewichtskraft keine Rolle mehr, so dass sich der Staub auch im Plasmavolumen einschließen läßt. Es zeigt sich, dass die Gegenwart starker Magnetfelder den Staubeinschluss verändert. In diesem Beitrag wird der Einfluss des Magnetfeldes auf den Einschluss diskutiert.

P 3.3 Mo 17:15 B 302

Modellierung der Staubrotation in magnetisierten Plasmen — ●TORBEN REICHSTEIN, IRIS PILCH, ROBERT GROSSE-AHLERT und

ALEXANDER PIEL — IEAP, CAU-Kiel, D-24098 Kiel

Es ist möglich, in einem anodischen Plasma Staubwolken einzufangen. Dabei können sich torusförmige Staubstrukturen ausbilden, d.h. Partikel, die um einen staubfreien Bereich (Void) entlang einer Kreisbahn rotieren. In früheren Arbeiten sind Einschluss und Dynamik solcher Strukturen experimentell untersucht worden [1,2]. Neben optischen Untersuchungen sind mittels Sondenmessungen Plasmadichte und Plasmapotential bestimmt worden, um ausgehend von diesen Plasmametern ein Modell zur Beschreibung des Staubeinfangs zu entwickeln. Der Einschluss des Staubs wird durch ein Gleichgewicht von Kräften erster Ordnung in radialer Richtung beschrieben. Die Rotation der Partikel kann mittels eines Einzelteilchenmodells beschrieben werden, in welchem die Kräfte zweiter Ordnung, die azimutalen Komponenten des Ionenwindes und der Gravitation, die Dynamik beschreiben. Dieses Modell stimmt gut mit den optischen Beobachtungen überein, überschätzt jedoch die Partikelgeschwindigkeit. Eine Erweiterung des Modells besteht in der Hinzunahme von Vielteilcheneffekten. In diesem Beitrag wird sowohl auf die experimentellen Untersuchungen als auch auf die Modellvorstellung eingegangen.

Gefördert durch SFB-TR24/A2.

[1] T. Trottenberg et al., Phys. Plasmas **13**, 042105, 2006[2] I. Pilch et al., Phys. Plasmas **15**, 103706, 2008

P 3.4 Mo 17:30 B 302

Dust agglomeration induced by self-excited density waves in a complex Plasma — ●CHENG-RAN DU, HUBERTUS THOMAS, ALEXEI IVLEV, and GREGOR MORFILL — Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics, D-85740 Garching, Germany

Dust agglomeration plays an important role in astrophysics, atmospheric science, fusion physics as well as dusty plasma physics. In a capacitively coupled rf discharge, microparticles can be dramatically accelerated by self-excited density waves at low gas pressure. Once the kinetic energy is high enough to overcome the interparticle repulsive potential energy, hitting collisions i.e. agglomerations happen. In our experiment a high-speed camera is used to record the particle motion in the density waves in an argon plasma. We employ Rutherford scattering theory to evaluate the mean particle charge by observing the particle trajectories in scattering collision events and estimate the minimal relative velocity for hitting collisions. Using Smoluchowski's equation, the total number of hitting collisions for a certain time in a limited area is estimated and compared with the number of the observed big particles. The results confirm that agglomeration is the mechanism of the formation of these big particles in our experiment.

P 4: Invited Talks Melzer, Trottenberg

Time: Tuesday 11:40–12:40

Location: B 305

Invited Talk

P 4.1 Tu 11:40 B 305

Experiments and Simulations of Dusty Plasmas — ●ANDRE MELZER — Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald

Particle-containing (dusty) plasmas are ubiquitous in astrophysical situations and are of enormous relevance in various technological applications. For fundamental studies, dusty plasmas are ideal systems to study structural and dynamical properties on the kinetic level of individual particles since in experiments the size and time scales allow a detailed observation by video microscopy. On the other hand, the drastically different time scales of plasma and dust dynamics pose serious challenges for the simulations of dusty plasma systems.

Here, we present kinetic simulations of dusty plasma discharges that allow to reveal the fundamental properties of dust particle charging and the forces acting on the particles. Furthermore, experiments on finite 3D dust clouds, so called Yukawa balls, are presented. In these systems the particles are arranged in concentric spherical shells ("onion shells"). Recent progress in diagnostic techniques allows to determine the particle dynamics of such dust clusters.

Invited Talk

P 4.2 Tu 12:10 B 305

Electrostatic microparticle propulsion for space flights — ●THOMAS TROTTEBERG, VIKTOR SCHNEIDER, and HOLGER KER-

STEN — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität Kiel, 24098 Kiel

Today electrostatic propulsion is still a synonym for ion thrusters, which extract and accelerate ions from a plasma. The resulting propulsive force (thrust) is typically small (< 1 N). The idea of using particles even heavier than heavy ions, i.e. molecules, clusters, and fine particles, suggests itself and is not new [1]. The expected advantage is an increased thrust. At first glance, charging of nano- and microparticles in a complex plasma for their subsequent acceleration could be suitable, but on closer examination this route implicates severe obstacles [2]. Currently investigated concepts for heavy particle thrusters are summarized [3,4], and a new technique developed in our group is presented. It is based on contact charging of solid conductive microparticles up to their limits. The principle known from simulations of micrometeorites [5,6] has to be improved with regard to a reliable and high particle charging and a high mass flow rate.

[1] R. G. Jahn, Physics of Electric Propulsion, McGraw-Hill, 1968

[2] Th. Trottenberg et al., New J. Phys. **10**, 063012 (2008)

[3] K. Smith et al., 31st International Electric Propulsion Conference, IEPC-2009-189 (2009)

[4] Gilchrist et al., United States Patent 7,516,610 (2009)

[5] H. Shelton et al., J. Appl. Phys. **31**, 1243 (1960)[6] M. Stübiger et al., Planet. Space Sci. **49**, 853 (2001)

P 5: Theory/Modelling I

Time: Tuesday 14:15–15:55

Location: B 302

Topical Talk

P 5.1 Tu 14:15 B 302

Evolution of MHD Turbulence — ●MARTINA WISNIEWSKI¹, FELIX SPANIER¹, and RALF KISSMANN² — ¹Lehrstuhl für Astronomie, University of Würzburg — ²Department of Physics, University of Helsinki

In this talk we present the results of our turbulence evolution simulations. The plasma starts out from an unperturbed state while a discrete turbulent energy is injected into the system at each time step. The energy of the system increases until reaching convergence. This enables us to study the physics taking place on small time scales where only a few waves are present (e.g. three wave interactions). On intermediate time scales it can be analysed how the full turbulent spectrum evolves and on large time scales the convergence range is analysed. We inject either pure compressible or pure incompressible energy and analyse how the results depend on this driving. We also vary the magnetisation of the system as a second parameter.

These simulations are done on the basis of our three dimensional MHD-code. The MHD-equations are evolved by an second order CWENO solver. The time evolution is simulated by a third order RK-algorithm.

P 5.2 Tu 14:40 B 302

Theory of strongly correlated spherically confined plasmas — ●MICHAEL BONITZ¹, ALEXEI FILINOV¹, PATRICK LUDWIG¹, HANNO KÄHLERT¹, CHRISTIAN HENNING¹, and JAMES W. DUFTY² — ¹Institut für Theoretische Physik und Astrophysik, Christian-Albrechts-Universität Kiel — ²Department of Physics, University of Florida, Gainesville (USA)

Charged particles in a spherical confinement potential form Coulomb crystals consisting of concentric shells. This has been observed experimentally in ultracold ions and in dusty plasmas [1]. These systems allow for an analysis of strong correlation effects with an unprecedented accuracy. Moreover they are a test ground for theoretical approaches to strongly coupled systems. In this talk we review recent theoretical results. First we show that the shell structure of these crystals agrees well with first principle computer simulations [2]. Then, theoretical results for the excitation spectrum will be reported [3] and an analytical theory for the density profile [4], the pair correlations and the thermodynamic properties will be presented [5]. Finally, the short-time behavior is discussed with a particular focus on the crystallization dynamics [6].

[1] Arp et al. PRL 93 (2004), [2] Bonitz et al. PRL 96 (2006), [3] Henning et al. PRL 101(2008), [4] Henning et al. PRE 76 (2007), [5] Wrighton et al. PRE, accepted (2009) [6] Kählert et al. PRL, accepted (2009)

P 5.3 Tu 14:55 B 302

Magnetic geometry effects on geodesic acoustic modes — ●ROBERT HAGER and KLAUS HALLATSCHKEK — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Boltzmannstraße 2, D-85748 Garching, Germany

The approach to the calculation of the GAM group velocity from the radial free energy flux and the total free energy presented in Phys. Plasmas **16**, 072503 (2009) is generalized to up-down asymmetric magnetic geometries. By removing the neoclassical cancellation effects, up-down asymmetry can trigger a non-vanishing group velocity at zero radial wavenumber. Adequate shaping of the plasma allows control of the direction and magnitude of the GAM group velocity, which can be of the order of the magnetic drift velocity or larger. Altering the direction and speed of the GAM propagation might be used to check for a potential influence on the confinement and even on the H-mode.

Taking up recent reports on GAM eigenmodes and the role of GAMs in turbulence saturation, the influence of the magnetic geometry on GAMs and their interaction with turbulence is investigated using numerical two-fluid studies. While preserving the properties of the turbulent modes, the magnetic configuration is varied to study how the GAM spectrum, the structure of GAM eigenmodes, and the ability of GAMs to modulate turbulent transport depend on geometry parameters such as the plasma elongation.

P 5.4 Tu 15:10 B 302

Derivation of a Reynolds stress response functional for zonal flows from numerical studies — ●NIELS GUERTLER and KLAUS HALLATSCHKEK — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Garching b.

M., Germany

Numerical self-consistent ITG-turbulence studies, using the NLET code, show a Reynolds stress driven zonal flow pattern with a characteristic radial scale length. The level of turbulence is affected by both the intensity and the radial structure of the zonal flows. At the same time, the zonal flows are governed by the turbulence generated stress pattern. A feedback loop between turbulence and zonal flows results, which sets up a nearly stationary flow pattern in balance with turbulence. Turbulent states modified with artificial initial flow profiles do always decay into the self-consistent zonal flow pattern and demonstrate the intrinsic nature of its radial scale length and the robustness of the mechanism. Based on wave-kinetic theories, a response functional of the observed flows can be created, which reproduces the stress quantitatively albeit fails to predict the intrinsic flow pattern and its radial scale length. We use synthetic flows to validate and parameterize the analytic nonlinear relationship between the stress and the resulting flow and turbulence levels. The objective is to merge the observed relationships with the stress-flow response functional derived from wave-kinetic models to incorporate the radial scale length and predict the long-term behavior of zonal flows including the experimentally observed turbulence bifurcations, with obvious confinement optimization implications.

P 5.5 Tu 15:25 B 302

Transport bifurcations for zonal flows in 3D sheared slab drift wave systems — ●ANDREAS KAMMEL and KLAUS HALLATSCHKEK — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Garching b. München, Germany

The Reynolds stress-governed interaction between drift waves and zonal flows in the highly nonlinear plasma edge is examined in detail using the turbulent two-fluid code NLET. Special focus is being placed on the structure of the flows.

Already in a simple 3-dimensional sheared slab cold-ion drift wave system based on the Hasegawa-Wakatani equations, transport bifurcations containing two different stable gradients have been found - a novelty for self-consistent first principles turbulence simulations. The density profiles develop corrugations (depending on one dimensionless parameter only) which represent stationary transport states with regions of steepened gradients and lowered diffusivity for the flows opposite to the electromagnetic drift direction. These 'negative' flows, which repulse the drift wave turbulence, become sharper and steeper than the 'positive' flows, yielding a flow asymmetry which can be understood by the introduction of a chemical potential.

In the future course of our studies, we plan to compare these drift wave zonal flows in the plasma edge to the geostrophic zonal flows in the atmospheres of gas giants. To this end, a new numerical code for the hydrodynamic, planetary case will be developed.

P 5.6 Tu 15:40 B 302

Tree-Code Based Mesh-Free Simulation of a Gas-Puff — ●BENJAMIN BERBERICH¹, DETLEV REITER¹, and PAUL GIBBON² — ¹IEF-4, Forschungszentrum Jülich — ²JSC, Forschungszentrum Jülich

Mesh free simulation techniques such as the Fast Multipole Method or so called tree algorithms have proven to be highly efficient tools in many fields of modern computational science. Among these codes the 3-dimensional, fully kinetic electrostatic Tree-Code PEPC-B has been used successfully for particle simulation in the framework of Laser-Plasma interaction. In the present work we show the principle ideas behind such methods and examples. Also results of new developments to the code are presented to make the method applicable to magnetic fusion plasma physics with emphasis on Plasma Surface Interaction topics. In particular implementation of an external B-field, as well as an additional hybrid particle-fluid collision term are discussed and verified. As a first application to a magnetic fusion problem we present results of a combined EIRENE PEPC-B simulation of a gas-puff experiment in the TEXTOR tokamak (FZ Jülich), and the resulting effects of the self-consistent E-field due to strong localized ionization. The influence of this E-field to expand the ionization cloud is investigated and compared to earlier semi-analytical predictions[1].

[1] M.Z. Tokar; Plasma Behaviour near strong Sources of Impurities; Contrib. Plasma Phys. 36 (1996) 2/3, 250-254

P 6: Low Temperature Plasmas I

Time: Tuesday 14:15–16:10

Location: B 305

Topical Talk

P 6.1 Tu 14:15 B 305

Spektrale Intensität der N₂-Strahlung in einer Argon-Niederdruck-Bogenentladung für den Einsatz als Lichtquelle — ●ROLAND FRIEDL^{1,2}, URSEL FANTZ^{1,2} und PATRICK STARKE¹ — ¹Universität Augsburg, Lehrstuhl für Experimentelle Plasmaphysik, 86135 Augsburg — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, 85748 Garching

Konventionelle Leuchtstofflampen benutzen Quecksilber als UV-Emitter bei 254 nm und konvertieren diese Emission über Leuchtstoffe ins Sichtbare. Als Alternative zum Hg wird Stickstoff diskutiert, dessen Banden sowohl im nahen UV als auch bereits im sichtbaren Spektralbereich emittieren, wodurch geringere Konversionsverluste zu erwarten sind. Für die gezeigten Untersuchungen wurden Niederdruck-Bogenentladungen von Stickstoff im Argon-Hintergrund erzeugt (Durchmesser 26 mm, Elektrodenabstand 26,5 cm) und mittels optischer Emissionsspektroskopie charakterisiert. Von Interesse ist dabei die spektrale Intensität der N₂-Molekülstrahlung in Abhängigkeit von der Gasmischung (0,1 bis 10 % N₂ in Argon), dem Absolutdruck (10⁻¹ bis 10² mbar) und dem Entladungsstrom (100 bis 500 mA). Des Weiteren wurden die relevanten Besetzungsmechanismen der N₂-Niveaus mithilfe des Stoßstrahlungsmodells YACORA untersucht. Im Hinblick auf die Anwendung als Lichtquelle wurden zudem die Effizienzen bestimmt, d. h. das Verhältnis aus eingekoppelter elektrischer Leistung und emittierter Strahlungsleistung (im UV, VIS und NIR).

P 6.2 Tu 14:40 B 305

Time resolved analyses of electron density and instabilities in oxygen rf plasma (CCP) with 160 GHz microwave interferometry — ●CHRISTIAN KÜLLIG, KRISTIAN DITTMANN, and JÜRGEN MEICHSNER — University of Greifswald, Institute of Physics, Greifswald, Germany

The microwave interferometry compared with probe diagnostic represents a minimal-invasive diagnostics which affords a direct measurement of line integrated electron density by the phase shift of the microwave due to the change of electron density without any model assumptions. The microwave interferometer is a frequency stabilized (PLL) heterodyne system, operating at a frequency of 160.28 GHz ($\lambda=1.87$ mm). Consequently a quasi-optical setup was designed to guide the microwave with minimum beam radius of 5 mm in the plasma centre. Applying this diagnostics on oxygen rf plasma at 13.56 MHz, it is possible to measure a minimum phase shift of $\Delta\Phi=0.016^\circ$ and corresponding line integrated electron density down to $5.3 \cdot 10^{13} \text{ m}^{-2}$ with time resolution of 10 μs . Under these circumstances it is possible to study different temporal phenomena. Firstly, electron peaks were investigated in the afterglow of a pulsed oxygen rf plasma (10 Hz, duty cycle 50 %), which are connected with the detachment of negative ions as a possible production channel for electrons. Secondly, the observed electron density variation in the range of $0.2 \cdot 10^{16} \text{ m}^{-3}$ and $3.5 \cdot 10^{16} \text{ m}^{-3}$ is analysed and is associated with the attachment induced ionization instabilities with frequencies in the range from 100 Hz to 3 kHz.

P 6.3 Tu 14:55 B 305

The Electrical Asymmetry Effect in geometrically asymmetric capacitively coupled radio frequency discharges — ●EDMUND SCHÜNGEL, JULIAN SCHULZE, and UWE CZARNETZKI — Institute for Plasma and Atomic Physics, Ruhr-University Bochum

If the voltage waveform applied to a capacitively coupled radio frequency discharge contains a fundamental frequency and its second harmonic (13.56MHz + 27.12MHz), the discharge symmetry can be adjusted by the phase angle between these two frequencies. Recent results have shown that this Electrical Asymmetry Effect (EAE) provides the opportunity to control the ion energy and the ion flux on a surface separately in a geometrically symmetric discharge. In this work, the EAE is investigated experimentally in a geometrically asymmetric discharge, i.e. the bottom powered electrode surface area is smaller than the grounded (top electrode and side walls) surface area. The geometrical asymmetry is varied by changing the electrode gap in a GEC reference cell. The voltage drops across the sheaths can be manipulated via the EAE. In particular, high voltage drops across the sheath adjacent to grounded surfaces are generated for the first time in such strongly geometrically asymmetric discharges. Consequently, ions

hit the grounded chamber walls at high energies. This might allow a more effective wall cleaning by highly energetic ion bombardment also in geometrically asymmetric discharges instead of chemical methods. Measurements in an argon discharge at low pressures are performed, and the opportunities and limitations of the EAE in a geometrically asymmetric discharge are discussed.

P 6.4 Tu 15:10 B 305

Excitation dynamics in electrically asymmetric capacitively coupled radio frequency discharges - Experiment, simulation, and model — ●JULIAN SCHULZE¹, EDMUND SCHÜNGEL¹, ZOLTAN DONKO², and UWE CZARNETZKI¹ — ¹Institute for Plasma and Atomic Physics, Ruhr-University Bochum — ²Hungarian Academy of Science

The symmetry of capacitively coupled radio frequency (CCRF) discharges can be controlled electrically by applying a fundamental frequency and its second harmonic with fixed but adjustable phase shift θ between the driving voltages. In such a discharge a variable DC self bias is generated as an almost linear function of θ for $0^\circ < \theta < 90^\circ$. This Electrical Asymmetry Effect allows separate control of ion energy and flux at the electrodes. Here electron dynamics in electrically asymmetric geometrically symmetric dual frequency discharges operated in argon at 13.56MHz and 27.12MHz is investigated experimentally, by a PIC simulation, and by an analytical model. At high pressures the excitation dynamics works differently compared to conventional CCRF discharges: Unlike classical discharges the time modulated fractions of the maximum excitation rates adjacent to each electrode within one low frequency period will be similar (symmetric excitation), if the DC self bias is strong ($\theta=0^\circ, 90^\circ$) and significantly different (asymm. exc.), if the bias vanishes ($\theta=45^\circ$). At low pressures the excitation dynamics works similar to classical discharges, i.e. the excitation will be asymmetric, if the bias is strong, and symmetric, if the bias vanishes. This dynamics is understood in the frame of an analytical model, which could be applied to other types of CCRF discharges as well.

P 6.5 Tu 15:25 B 305

Experimentelle Untersuchung zur Entstehung von Doppelschichten in divergierenden Magnetfeldern — ●TIMO SCHRÖDER^{1,2}, OLAF GRULKE^{1,2} und THOMAS KLINGER^{1,2} — ¹EMA Universität Greifswald — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Greifswald

Doppelschichten (DS), d.h. lokalisierte Grenzsichten zwischen Plasmaregionen mit signifikanten Unterschieden des Plasmopotentials $\Delta\Phi > k_B T_e / e$ (T_e : Elektronentemperatur), weisen große stabile elektrische Felder auf. Man unterscheidet hierbei zwischen stromtreibende und stromfreie DS. Letztere sind noch nicht vollständig verstanden, können aber bereits experimentell nachgewiesen werden. Die meisten Experimente nutzen hierfür den Einfluss divergierender Magnetfelder welche häufig an geometrische Übergänge geknüpft sind. In diesem Beitrag wird das Plasmaverhalten in Regionen starker MFG in der linere Helikonanlage VINETA untersucht. Durch die spezielle Anordnung der Magnetfeldspulen lassen sich axiale MFG von bis zu 200 T/m an unterschiedlichen axialen Positionen erzeugen. Unter anderem lässt sich hierdurch der Einfluss des Magnetfeldes von den geometrischen Effekten trennen. Mittels Langmuir- und emissiver Sonden wird der axiale Verlauf der Plasmaparameter gemessen und besonderen Augenmerk auf die Voraussetzungen für die Entstehung der DS gelegt.

P 6.6 Tu 15:40 B 305

Tailored ion bombardment during plasma processing: options and limits — ●TIM BALONIAK, RÜDIGER REUTER, CHRISTOPH FLÖTGEN, and ACHIM VON KEUDELL — Ruhr-Universität Bochum, AG Reaktive Plasmen, 44780 Bochum, Deutschland

Radio frequency biasing is a technique to control ion bombardment energies during plasma processing. The ion energies are manipulated by external voltages which are applied to the substrate holder. It is desirable to possess a technique to tailor ion energy distributions to the needs of a certain application such as dry etching or thin film deposition. In this contribution, we report about the quantitative measurement of ion velocity distributions at an arbitrarily biased electrode. Variable bias waveforms are applied to this electrode. The electrode voltage is monitored and controlled in the frequency domain using fast Fourier transformation. Ion velocity measurements are performed by

a miniaturized floating retarding field analyzer. A full modulation of the ion velocity distribution is obtained only if sufficiently high sheath voltages are applied. Non-linear sheath behavior is observed for low sheath voltages. This non-linear behavior is visible both in the electrode voltage and in the ion velocity distributions. It is shown that a combined DC and RF biasing is required to gain full control over the ion bombardment of the substrate.

P 6.7 Tu 15:55 B 305

Modifikation sulfidischer Minerale durch die Behandlung in MW-Plasmen — ●FRANK MAY¹, VOLKER BRÜSER¹, EBERHARD GOCK² und VOLKER VOGT² — ¹Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie (INP Greifswald e.V.) — ²Institut für Aufbereitung, Deponietechnik und Geomechanik, Clausthal-Zellerfeld

Die Benetzbarkeit von Mineraloberflächen ist bei der Trennung von Mineralgemischen durch Flotation von entscheidender Bedeutung. Um selektiv hydrophobe bzw. hydrophile Eigenschaften verschiedener Kom-

ponenten zu erzielen, werden bei konventionellen Verfahren die Gemische chemisch, mit sog. Kollektoren und Drückern, behandelt.

Bei einem neuartigen Verfahren soll, mit Blick auf Umweltverträglichkeit und Kostenersparnissen, versucht werden, die Benetzbarkeit durch Plasmabehandlungen zu beeinflussen. Voraussetzung dafür ist zunächst das Verständnis der Wechselwirkungen zwischen Plasmen und Mineraloberflächen.

In unseren Experimenten wurden dazu Pyrit- (FeS₂), Chalkopyrit- (CuFeS₂) und Chalkosinpulver (Cu₂S) unterschiedlicher Korngrößenfraktionen in MW-Plasmen behandelt und anschließend durch XPS und XRD untersucht. Das Arbeitsgas wurde massenspektrometrisch analysiert.

Nach Behandlungen in Ar-O₂-Plasmen konnte die Bildung von Eisenoxiden (Fe₂O₃, Fe₃O₄) auf der Oberfläche nachgewiesen und, durch Bestimmung freigesetzter SO₂-Volumina, quantitativ ermittelt werden. Abhängig von den Prozessparametern entstehen dabei verschiedene Zwischenprodukte, die auf eine schrittweise Oxidation hindeuten.

P 7: Poster: Dusty Plasmas

Time: Tuesday 16:00–18:00

Location: Lichthof

P 7.1 Tu 16:00 Lichthof

Fluid modes in a spherically confined Yukawa plasma — ●HANNO KÄHLERT and MICHAEL BONITZ — ITAP, Christian-Albrechts Universität zu Kiel, 24098 Kiel

The normal modes of 3D dust crystals (so-called Yukawa balls) have recently been measured in experiments [1]. They can be used to determine important parameters such as the particle charge or the frequency of the confinement potential. Here we present a theoretical analysis of the normal modes of a spherically confined Yukawa plasma based on the solution of the linearized fluid equations, which has previously been performed for confined ions [2]. The mode frequencies are found to depend solely on the normalized cluster size κR , where R is the cluster radius [3] and κ the inverse Debye length. In the Coulomb limit the results of [2] are recovered. The fluid modes are compared to the exact crystal eigenmodes computed from the Hessian matrix of the discrete N -particle system.

- [1] Yu. Ivanov and A. Melzer, *Phys. Rev. E* **79**, 036402 (2009)
- [2] D. H. E. Dubin, *Phys. Rev. Lett.* **66**, 2076 (1991)
- [3] C. Henning *et al.*, *Phys. Rev. E* **74**, 056403 (2006)

P 7.2 Tu 16:00 Lichthof

Shell formation in spherically trapped plasmas — ●HANNO KÄHLERT and MICHAEL BONITZ — ITAP, Christian-Albrechts Universität zu Kiel, 24098 Kiel

Yukawa balls are spherical dust crystals, where the particles arrange on concentric shells [1]. Compared to confined ions the interaction between the dust particles is screened, which has been shown to affect the shell occupation of the ground state and the probability of metastable states. Here we study dynamical processes in a trapped Yukawa plasma by means of Langevin dynamics simulations. By cooling a weakly correlated initial state towards the strong coupling regime, the formation of concentric shells is observed. The time scales in the emergence of the shell structure are analyzed and the dependence of the dynamics on screening and friction is investigated. While in systems with Coulomb interaction the shells clearly emerge at the cluster boundary, they appear almost simultaneously for sufficiently large screening. Monte Carlo simulations are used to show that the sequence, in which radial order is established, is determined by the confinement potential [2].

- [1] O. Arp *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **93**, 165004 (2004)
- [2] H. Kählert and M. Bonitz, accepted for publication in *Phys. Rev. Lett.*, arXiv:0909.2148

P 7.3 Tu 16:00 Lichthof

Melting in small size Yukawa clusters — ●HAUKE THOMSEN, JENS BÖNING, and MICHAEL BONITZ — Institut für Theoretische Physik und Astrophysik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, D-24098 Kiel, Germany

We investigate a confined system with a small number (around 10 to 100) of classical particles. The interaction between the particles is screened and is described by a Yukawa potential. The trapped particles form clusters (Yukawa balls). To detect melting of those clusters

we calculate the specific heat and Lindemann-type parameters [1] by Monte Carlo simulations [2]. To overcome longtime correlation we use the technique of parallel tempering. A general trend is that for fixed particle number the critical temperature decreases with increasing screening.

- [1] J. Böning *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **100**, 113401 (2008)
- [2] M. Bonitz, D. Semkat (eds.): *Introduction to Computational Methods in Many Body Physics*

P 7.4 Tu 16:00 Lichthof

Spatially resolved measurements of the electric field in a rf-plasma sheath by probing with micro-particles under hyper gravity conditions — JOB BECKERS¹, TAALKE OCKENGA², MATTHIAS WOLTER², WINFRED STOFFELS¹, GERRIT KROESEN¹, and ●HOLGER KERSTEN² — ¹Eindhoven University of Technology, Department of Applied Physics, P.O.Box 513, NL-5600MB Eindhoven — ²IEAP, Universität Kiel, Leibnizstr.19, D-24098 Kiel

The electric field profile in the plasma sheath of an argon rf-plasma has been determined from measurements of the equilibrium height and the resonance frequency of plasma-confined micro-particles. In order to measure the electric field structure at any position in the plasma sheath without the plasma being changed or disturbed an additional, non-electric, force is introduced which does not alter the plasma conditions, but which does allow for manipulation of the particle position through the sheath: (hyper-)gravity, induced by a centrifuge. Consequently, the electric field and the particle charge can be determined as function of the position in the sheath, using one and the same particle for measurements at several positions throughout the sheath. Close to the sheath edge, the electric field shows non-linear behavior close to the sheath edge while the particle charge increases at positions closer to the electrode. Absolute values of the electric field at the electrode show good agreement with previous (e.g. -25.000V/m).

P 7.5 Tu 16:00 Lichthof

Structural properties of confined finite dust clouds — MATTIAS KROLL¹, ●DIETMAR BLOCK¹, JAN SCHABLINSKI¹, TOBIAS MIKSCH², MALTE PASSVOGEL², and ANDRE MELZER² — ¹IEAP der CAU Kiel, 24098 Kiel — ²Inst. für Physik der EMAU Greifswald, 17489 Greifswald

So far basically two different particle arrangements have been observed in 3D dust clouds. Plasma crystals which are trapped in the lower plasma sheath possess a hexagonal structure in combination with a chain formation in vertical direction while Yukawa balls show an isotropic structure of concentric shells. The difference is attributed to the directed ion flow in the sheath, which can yield to an excess of positive space charge below a negatively charged particle. However, the structure of finite dust clouds is strongly affected by the confinement as well. Our experiments allow to investigate the structural properties of finite dust clouds where a strong confinement and an ion focus are present. Thus, although the experimental conditions are similar to those of Yukawa balls their structure properties differ. This contribution discusses the similarities and differences of both systems obtained

with a novel diagnostic (Stereoscopic Digital Holography).

P 7.6 Tu 16:00 Lichthof

Phasenübergänge finiter Plasmakristalle — ●JAN SCHABLINSKI, MATTIAS KROLL, DIETMAR BLOCK und ALEXANDER PIEL — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Leibnizstraße 19, 24098 Kiel

Phasenübergänge in ausgedehnten 2-dimensionalen Plasmakristallen werden seit einigen Jahren intensiv untersucht und sind bereits gut verstanden. In finiten Systemen hängen jedoch Struktur und Stabilität stark von der Teilchenzahl und Symmetrien der Teilchenanordnung ab. Bereits die Experimente von Klindworth et al. zur laserinduzierten Schalenrotation haben gezeigt, dass Unterschiede der Teilchenzahl von nur einem Partikel signifikante Auswirkungen auf die Stabilität des Systems haben [1]. Eine nach wie vor offene Frage ist, ob sich strukturelle Unterschiede auch in dem Schmelzverhalten zeigen. Bisher fehlten geeignete Methoden, um die kritische Temperatur finiter Kristalle zuverlässig zu bestimmen. Kürzlich wurde die Methode der Varianz der block-gemittelten Interpartikelabstandsfluktuationen (VIDF) als sensitiver Parameter für einen Phasenübergang vorgeschlagen [2]. In dieser Arbeit werden Experimente vorgestellt, mit denen diese Methode an realen Plasmakristallen erprobt werden soll. Darüber hinaus soll der Zusammenhang zwischen Symmetrien und Struktur und der Schmelztemperatur finiter Plasmakristalle systematisch untersucht werden.

[1] Klindworth et al., Phys. Rev. B 61, 2000

[2] Böning et al., PRL 100, 2008

P 7.7 Tu 16:00 Lichthof

Untersuchung dynamischer Prozesse an 3D- Staubkristallen — ●MALTE PASSVOGEL¹, TOBIAS MIKSCH¹, ANDRE MELZER¹, MATTIAS KROLL², DIETMAR BLOCK² und JAN SCHABLINSKI² — ¹Inst. für Physik der EMAU Greifswald, 17489 Greifswald — ²IEAP der CAU Kiel, 24098 Kiel

Finite 3D-Staubkristalle in komplexen Plasmen erlauben einen Einblick in dynamische Prozesse auf mikroskopischer Skala. Dazu werden Mikrometer große Staubpartikel in einem RF-Plasma eingefangen. Bei 3D-Staubkristallen, deren Staubpartikelgröße etwa $5\mu\text{m}$ ist, beobachtet man, dass sich die Staubpartikel auf ineinander geschachtelten Schalen anordnen (Yukawaball). Kristalle mit größeren Staubpartikeln, Staubpartikelgröße etwa $20\mu\text{m}$, weisen eine geringfügig andere Konfiguration auf. Dort beobachtet man eine Kombination aus linearen Ketten, aber auch der oben erwähnte Schalenbau ist zu erkennen. Die Rekonstruktion der Partikeltrajektorien solcher 3D-Staubkristalle kann durch zwei verschiedenartige Prinzipien realisiert werden, zum einen mittels der Stereoskopie und zum anderen mit der Digitalen Inline Holographie. Es werden 3D Staubkristalle mit kleineren Staubpartikeln in der Größe von ca. $5\mu\text{m}$, sowie Staubkristalle mit größeren Staubpartikeln mit einer Größe von ca. $20\mu\text{m}$ hinsichtlich ihrer Dynamik mittels einer Normalmodenanalyse untersucht und miteinander verglichen.

P 7.8 Tu 16:00 Lichthof

Dusty plasma dynamics in the presence of a static magnetic field — ●TORBEN OTT und MICHAEL BONITZ — Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Theoretische Physik und Astrophysik, Leibnizstrasse 15, 24098 Kiel

The dynamics of charged particles in the presence of a static magnetic field is of prime interest in many areas of plasma physics, including fusion plasmas. In these plasmas, however, correlations are usually assumed to play a minor role. In dusty plasmas, it should be possible to study an essentially one-component plasma of charged dust grains whose dynamics are strongly coupled under the influence of a magnetic field on experimentally feasible spatio-temporal scales. The magnetic field is expected to influence one-particle properties such as diffusion as well as collective motions, both of which are additionally dependent on the correlation between particles. In this contribution, we present results from molecular dynamics simulations on the influence of a perpendicular magnetic field on monolayers of dusty plasmas modelled by a Yukawa interaction.

P 7.9 Tu 16:00 Lichthof

Mie Ellipsometrie an staubigen Plasmen — ●HELGE KETELSEN, SASCHA KNIST, JAN CARSTENSEN, FRANKO GREINER und ALEXANDER PIEL — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 24098 Kiel

Im Bereich der staubigen Plasmen verwendet man Staubpartikel in der Größenordnung von einigen Mikrometern. Aufgrund der Gravita-

tion ordnen diese sich in wenigen Schichten in der Randschicht an. Für die Untersuchung von staubmodifizierten Driftwellen im Experiment DUSTWHEEL* ist eine homogene Verteilung der Staubpartikel im gesamten Plasmavolumen notwendig. Dies kann zum Beispiel durch die in-situ Erzeugung von Nanostaub in einem Ar/Acetylen-Plasma realisiert werden. Hier wachsen a-C:H-Partikel homogen im gesamten Plasmavolumen solange bis sie aufgrund ihrer Größe das Plasmavolumen verlassen oder der Acetylenzufluss beendet wird. Die so genannte Mie Ellipsometrie ermöglicht die in-situ Diagnostik der Größe und des komplexen Brechungsindex der gewachsenen Partikel. Mit einem Rotating-Compensator-Ellipsometer wird die Änderung des Polarizationszustandes des gestreuten Laserlichtes gemessen und mithilfe der Mie-Theorie die Partikeleigenschaften ermittelt.

In dieser Arbeit werden die ersten Ergebnisse dieser Diagnostik vorgestellt. Dabei wird die Mie Ellipsometrie angewendet auf ein Argon/Acetylen-Plasma. Es werden die Einflüsse von Druck, Gasflüssen und HF-Leistung auf das Partikelwachstum und die Eigenschaften der a-C:H-Partikel dargestellt.

*gefördert von der DFG im Projekt SFB-TR24 A2

P 7.10 Tu 16:00 Lichthof

Zentrifugalkräfte als Methode zur Diagnostik der Staubleitung und Debyelänge in 2D Staubclustern — ●JAN CARSTENSEN, FRANKO GREINER und ALEXANDER PIEL — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität, D-24098 Kiel, Germany

Die Wechselwirkung zwischen Staubpartikeln in Plasmen ist im wesentlichen durch die Staubleitung und die Debyelänge bestimmt. Gerade für 2D Cluster, die häufig in der Randschicht eines HF-Plasmas eingefangen werden, ist die Bestimmung dieser Größen schwierig, da hier Sondendiagnostiken nur schwierig anwendbar sind. In [1] wurde gezeigt, dass eine kontrollierte Rotationsbewegung der Cluster und die damit verbundenen Zentrifugalkräfte eine Bestimmung der Staubleitung und Debyelänge erlauben (**Rotating Electrode Method**), ohne dass eine Kenntnis der Plasmaparameter erforderlich ist. Eine weitere solche Methode, die allerdings auf niedrige Gasdrücke beschränkt ist, ist die Normalmodenanalyse. Vergleichende Untersuchungen beider Methoden werden vorgestellt.

[1] J. Carstensen et al., accepted for publication in IEEE Special Issue on Dusty Plasmas 2010

P 7.11 Tu 16:00 Lichthof

Thermophoretische Partikellevitation in einer Parallelplatten-HF-Entladung — ●CHRISTIAN SCHMIDT, OLIVER ARP und ALEXANDER PIEL — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität Kiel, Leibnizstraße 19, 24098 Kiel, Germany

Bei der Untersuchung staubiger Plasmen spielt die Gravitation eine entscheidende Rolle, da diese die Form und innere Struktur der Partikelwolke beeinflusst. So entstehen im Falle von Mikrometergroßen Partikeln meist flache Staubwolken in der Randschicht mit geringer vertikaler Ausdehnung. Zur Untersuchung von dreidimensional ausgedehnten Staubwolken muss die Gravitation entweder ausgeschaltet werden, z.B. auf Parabelflügen, oder durch eine zusätzliche Kraft kompensiert werden. Dies gelingt z.B. mit Hilfe eines Temperaturgradienten im Neutralgas. In einer neuentwickelten Versuchsanordnung wird diese sogenannte thermophoretische Partikellevitation ausgenutzt, um ausgedehnte Staubwolken zu erzeugen. Deren Struktur und Verhalten wird in Abhängigkeit der wichtigsten Experimentparameter, wie z.B. der Hochfrequenzamplitude, der Neutralgastemperatur und dem Temperaturgradienten, untersucht. Die Ergebnisse werden mit Experimenten unter Schwerelosigkeit während Parabelflügen verglichen.

Diese Arbeit wird durch das DLR unter 50WM0739 gefördert.

P 7.12 Tu 16:00 Lichthof

Synchronisationseffekte bei staubakustischen Wellen — IRIS PILCH, TORBEN REICHSTEIN, KRISTOFFER MENZEL, OLIVER ARP und ●ALEXANDER PIEL — IEAP, Christian-Albrechts-Universität, D-24098 Kiel

Dichtewellen sind ein allgegenwärtiges Phänomen in staubigen Plasmen. Diese Wellen beruhen auf einer Buneman-Instabilität, die von einer Ionenströmung getrieben wird. Wir beobachten diese Wellen in zwei unterschiedlichen Plasmen, einem magnetisierten anodischen Plasma oder in einer Parallelplattenentladung unter Bedingungen der Schwerelosigkeit. In diesem Beitrag wird gezeigt, dass benachbarte Staubbereiche auf verschiedene rationale Verhältnisse zur Modulationsfrequenz einrasten können. Darüberhinaus wird die gegenseitige

Synchronisation der Wellen in benachbarten Staubbereichen ohne externes Modulationsignal untersucht.

Gefördert durch SFB TR24-A2 und DLR 50WM0739.

P 7.13 Tu 16:00 Lichthof

Staubefang in sekundären Plasmen — ●SONJA LEPPER, OLIVER ARP und ALEXANDER PIEL — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts Universität, D-24098 Kiel

In einer Hochfrequenzentladung, die in Parallelplatten-Geometrie bei 13,57 MHz betrieben wird, werden mit einer speziell entwickelten Elektrode zusätzlich zu der eigentlichen Entladung kleine, sphärische sekundäre Plasmen oberhalb eines Pixels (Durchmesser 5 bzw. 3 mm) erzeugt. Der Pixel im Zentrum der Entladung wird dazu mit einer Gleichspannung positiv vorgespannt. Diese anodischen Plasmen mit einem Durchmesser von einigen Millimetern werden mittels Strom- und Spannungsmessungen der primären und der sekundären Entladung charakterisiert. In den Mikroplasmen lassen sich dreidimensionale Staubwolken einfangen und mit Hilfe von Videomikroskopie beobachten. Erste Untersuchungen zu der Strom-Spannungscharakteristik solcher sekundären Plasmen für verschiedene Gleichspannungen und Gasdrücke (10 - 40 Pa) werden vorgestellt und der Staubefang unter diesen verschiedenen Bedingungen diskutiert.

P 7.14 Tu 16:00 Lichthof

Driftwellen in Plasmen mit negativen Ionen oder Nano-Staub* — ●SASCHA KNIST, FRANKO GREINER und ALEXANDER PIEL — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität Kiel

Im Experiment DUSTWHEEL wird der Einfluss von Staub und negativen Ionen auf die Dynamik von Driftwellen untersucht. Während negative Ionen, wie auch die anderen Plasmaspezies, bei einer magnetischen Induktion von 0.5 Tesla bereits magnetisiert sind, sind Staubpartikel noch unmagnetisiert und wirken auf die Dynamik der Driftwelle primär durch die Reduktion der Elektronendichte. Für die detaillierte Untersuchung des Einflusses von negativen Ionen auf Driftwellen und den Vergleich mit theoretischen Vorhersagen muss die Modifikation der Gleichgewichtsprofile durch die negativen Ionen berücksichtigt werden. Dazu sind auch Informationen über die räumliche Verteilung der negativen Ionen erforderlich. Wegen der geringen Elektronendichte muß auf Sondenmethoden zurückgegriffen werden, da für Laserdetachment die ausgelösten Elektronenströme zu klein sind. Es werden Untersuchungen vorgestellt die zeigen, dass auch negative Ionen, die sich außerhalb des Dichtegradienten befinden über die Modifikation der Gleichgewichtsprofile Einfluß auf die Dynamik der Driftwelle haben.

* gefördert von der DFG im Rahmen des SFB-TR24-Projekt A2

P 7.15 Tu 16:00 Lichthof

Aufladung von Partikeln in Plasmen unter UV-Bestrahlung — ●MARIAN PUTTSCHER und ANDRÉ MELZER — Inst. für Physik der EMAU Greifswald, 17489 Greifswald

Unter staubigen Plasmen versteht man Plasmen, die als zusätzliche Spezies makroskopische Partikel enthalten. Von Bedeutung ist die Präsenz von UV-Strahlung in astrophysikalischen Situationen.

In gewöhnlichen Laborplasmen ergibt sich das Floating-Potential der Staubpartikel, wenn sich der Gesamtstrom von Elektronen und Ionenstrom zu den Teilchen gerade kompensiert. Damit ist deren elektrische Ladung bestimmt. In diesem Experiment wird die Ladung der Staubteilchen in 2-dimensionalen Systemen in RF-Entladungen untersucht, wenn sie unter dem Einfluss einer externen UV-Strahlungsquelle stehen. Denkbar wären eine direkte Wechselwirkung der Strahlung mit den Staubpartikeln (Photoelektronen), sowie eine Änderung von Plasmaeigenschaften nach Einschalten der externen Strahlung, was dann auf die Teilchen zurückwirkt (indirekt). Die Bestimmung der Ladung erfolgt dann über vertikale Schwingungen der Partikel, welche durch eine periodische Modulation des Elektrodenpotentials angeregt werden.

Der Einsatz von UV-Strahlung könnte eine Möglichkeit bieten, Teilchen gezielt in ihrer Ladung und damit in ihrer Position zu beeinflussen. Dieser Beitrag zeigt den experimentellen Aufbau und stellt einige erste Ergebnisse der Untersuchungen vor.

P 7.16 Tu 16:00 Lichthof

Stereoskopie von Staubigen Plasmen unter Schwerelosigkeit — ●MICHAEL HIMPEL, BIRGER BUTTENSCHÖN und ANDRÉ MELZER — Institut für Physik, Universität Greifswald, 17489 Greifswald

Für die Untersuchung staubiger Plasmen unter Schwerelosigkeit auf

Parabelflügen werden hohe Anforderungen an die mechanische Stabilität und die Unempfindlichkeit gegen Schwingungen an eine optische Diagnostik gestellt. Von allen etablierten Systemen zur gleichzeitigen Aufnahme der 3D-Positionen einer größeren Anzahl von Partikeln ist nur ein stereoskopischer Kameraaufbau für diese Aufgabe unter den gegebenen Bedingungen geeignet.

Für die Untersuchung dynamischer Vorgänge in den untersuchten Systemen – wie z.B. der Dynamik der Voidkante oder der Untersuchung von Wellen im Staub auf Partikelebene – ist eine exakte Kalibrierung des Kamerasystems notwendig, die eine Projektionsgenauigkeit im 10µm-Bereich ermöglicht. In diesem Beitrag wird ein Verfahren vorgestellt, das es erlaubt, das verwendete Kamerasystem mit der geforderten Genauigkeit zu kalibrieren.

Mit Hilfe dieser Kalibrierung ist es möglich, aus Tripeln von Kamerabildern die 3D-Partikelkoordinaten kleinerer, im Labor aufgenommener Systeme mit hoher Genauigkeit zu rekonstruieren. Dieser Beitrag zeigt erste Rekonstruktionen solcher aus wenigen Partikeln bestehender Systeme und erläutert die Herausforderungen, die für die Rekonstruktion sehr großer Systeme mit vielen Partikeln zu lösen sind.

Gefördert durch das DLR unter 50WM0738.

P 7.17 Tu 16:00 Lichthof

Lasermanipulation von Yukawa-Balls — ●TOBIAS MIKSCH und ANDRÉ MELZER — Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald

Ein Yukawa-Ball ist ein 3-dimensionales System aus geladenen Staubteilchen in einem Plasma. Aufgrund starker, durch das Plasma abgeschirmter, Coulombwechselwirkung und geringer kinetischer Energie der Staubpartikel sind diese Systeme stark gekoppelt.

Das Ziel ist nun, diese Staubcluster mit Hilfe von zugeführter Energie zu heizen. Dazu wird ein Laserstrahl zufällig über das System geführt. Man erhofft sich dadurch, Yukawa-Bälle zum Schmelzen zu bringen und so Phasenübergänge im Experiment an einem System mit finiter Größe beobachten zu können.

Die Arbeit wird unterstützt vom SFB TR 24, Projekt A3

P 7.18 Tu 16:00 Lichthof

LIF Measurements of Metastable Densities in Complex Plasmas — ●BRANKICA SIKIMIĆ¹, ILIJA STEFANOVIĆ¹, NADER SADEGHI², and JÖRG WINTER¹ — ¹Institut für Experimental Physik II, Ruhr Universität Bochum, Germany — ²Laboratoire de Spectrometrie Physique, University Joseph Fourier and CNRS, Grenoble, France

Dynamics of metastable argon atoms ($Ar^*(3P2)$ state) in continuous wave complex plasma has been investigated by laser induced fluorescence. Different mixtures of argon plasma with acetylene have been used, including nanometer-sized dust particles produced by reactive plasma polymerization. Experiments were performed in 0.1 mbar, symmetrically driven CCP discharge at 13.56 MHz. Density and axial distribution of metastable atoms have been deduced by absorption and LIF experiments with an external cavity single-mode diode laser. The axial distribution of metastable atoms is recorded within a cycle of growth of dust particles and the formation of a void (dust-free region in the plasma). In pure argon plasma, ionization is located in the negative glow near electrodes. After introducing acetylene, metastable density decreases due to the quenching of Ar^* by acetylene. Formation of negatively charged nanoparticles leads to an increase of the ionization rate, sustaining of the discharge and provokes the enhancement of metastable density. After 20 minutes, the void starts to form, leading to the decrease of the dust density and the ionization rate. Due to this effect, the metastable density decays until the dust particles disappear and a new cycle of dust formation starts. We discuss different mechanisms responsible for the behavior of metastable atoms.

P 7.19 Tu 16:00 Lichthof

Measurements of Ion Densities in Pulsed Complex Plasmas — ●BRANKICA SIKIMIĆ¹, ILIJA STEFANOVIĆ¹, IGOR DENYSENKO², and JÖRG WINTER¹ — ¹Institut für Experimental Physik II, Ruhr Universität Bochum, Germany — ²School of Physics and Technology, Kharkiv National University, 61077 Kharkiv, Ukraine

A non-invasive diagnostic method for measurement of ion densities in pulsed complex plasma is proposed. Ion densities were measured in argon plasma with acetylene as a precursor gas, including nanometer-sized dust particles produced by reactive plasma polymerization. The experiments were performed in low-pressure capacitively-coupled discharge, symmetrically driven by radio frequency. The signal from the RF generator was square wave modulated at 100 Hz. The densities of ions were deduced from the change of electrode voltage in the plasma

afterglow. The electrode voltage remained negative, repelling the free electrons and collecting the positive ions. The ion density was obtained by dividing the collected charge by the active plasma volume, assuming no other significant loss channels for the ions. Ion densities were compared with electron densities measured independently and simultaneously by microwave interferometry. An excellent agreement for pure argon and argon-acetylene plasma was found. In dusty plasmas, the expected decrease of electron densities was observed. A numerical model for this discharge can explain the behaviour of species densities in plasma afterglow and estimate loss channels of the ions to the walls and to the dust particles.

P 7.20 Tu 16:00 Lichthof

UV and VUV Extinction on Plasma-Polymerized Dust Particles — •THOMAS MÖLLER, BRANKICA ŠIKIMIĆ, ILIJA STEFANOVIĆ, and JÖRG WINTER — Institut für Experimental Physik II, Ruhr Universität Bochum, Germany

The production of nanoparticles in low temperature plasmas has found

various applications in different fields - technological processes, fusion technology and astrophysics. Dust particles are significant constituents of interstellar media and their composition and structure is of a key importance. In the past we proposed a candidate analog for carbonaceous interstellar dust by reactive plasma polymerization, using acetylene as a precursor material [1]. The experimental IR fingerprint has shown a good match to the data obtained from astrophysical observation. Further analysis of dust particles has been done by extinction measurements in VUV spectral range. The rationale is the observation in astrophysics of a dominant UV extinction bump at 217.5 nm, whose origin is still unclear and has been subject of research. For this purpose, a new experimental setup is installed and tested. The first measurements of the scattering of the UV and VUV radiation by the dust particles in the discharge are presented here. The extinction measurements for particles of different composition and different size are shown. Further investigations will focus on the amount of carbon and its binding structure in the nanoparticles and their correlation with UV scattering. [1] Kovacevic et al. *Astrophysical Jour.* 623 (2005) 242

P 8: Poster: Low Temperature Plasmas I

Time: Tuesday 16:00–18:00

Location: Lichthof

P 8.1 Tu 16:00 Lichthof

Untersuchungen zur Stabilität der Sauerstoff-DC-Glimmentladung — •MARC BOGACZYK¹, DIRK PASEDAG¹, CHRISTIAN WILKE² und HANS-ERICH WAGNER¹ — ¹Institut für Physik, E.-M.-Arndt-Universität Greifswald — ²Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V., Greifswald

Die positive Säule der Glimmentladung ist Quelle vielfältiger Instabilitäten, die mit der Bildung negativer Ionen zusammenhängen [1]. In Fortsetzung vorangegangener Arbeiten konzentriert sich der Beitrag auf die systematische Charakterisierung der anodengerichteten T-Wellen in Abhängigkeit von den Betriebsparametern der Entladung. Sie treten in der T-Form (tiefer Gradient) der Säule auf. Der Übergang von der T-Form zur H-Form der Entladung und ihre Hysterese wird signifikant durch den Zustand der Rohrwand (Sputterbeschichtung in Katodennähe, Wandprozesse) beeinflusst. Die T-Wellen lassen sich extern in einem großen Frequenzbereich anregen und zeigen keine Dispersion. Es wurde nachgewiesen, dass sich die T-Form durch (äußere) inhomogene Magnetfelder im Katodenbereich völlig unterdrücken lässt. Dies kann ein Hinweis auf die Bedeutung von Katodenschwingungen für die Ausbildung der T-Wellen sein. Die numerische Analyse ergab, dass sie sich durch Überlagerung einer ungedämpften Schwingung mit einer fortschreitenden Welle darstellen lassen. Vergleichende statische und dynamische Messungen des axialen Gradienten spiegeln das komplexe dynamische Verhalten der Säule wider.

[1]: H. Testrich et al., *J. Phys. D: Applied Physics* 42 (2009) 145207
Gefördert im Rahmen des SFB-TR 24, Teilprojekt B1

P 8.2 Tu 16:00 Lichthof

VUV-Spektroskopie neutraler Spezies in der positiven Säule der Sauerstoff-DC-Glimmentladung — •HOLGER SPAHR und HANS-ERICH WAGNER — Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Institut für Physik, Felix-Hausdorff-Straße 6, 17489 Greifswald

Im Beitrag werden mittels VUV-Spektroskopie in Absorption die Grundzustandsdichten der Moleküle $O_2(X^3\Sigma_g^-)$ sowie der metastabilen Moleküle $O_2(a^1\Delta_g)$ in einem großen Parameterbereich gemessen. Erstmals gelingt auch die Bestimmung radialer Profile dieser Spezies. Die Ergebnisse stimmen gut mit Literaturwerten zur Modellierung der positiven Säule überein. Die Kenntnis radialer Profile der Metastabilen ist von Bedeutung für das Verständnis der Ausbildung von Instabilitäten in der Sauerstoff-DC-Glimmentladung, da sie über Reaktionen mit den negativen Ionen O^- deren Existenzbereiche beeinflussen. Über die Emission im VUV-Bereich werden relative Verläufe der angeregten Sauerstoffatome $O(^3S)$ in Abhängigkeit von der eingespeisten Leistung gewonnen.

Die unabhängige Bestimmung der Dichten der Spezies und des Gasdrucks eröffnet eine einfache Möglichkeit zur Ermittlung radialer Profile der Gastemperatur.

Gefördert im Rahmen des SFB-TR 24, Teilprojekt B1

P 8.3 Tu 16:00 Lichthof

Analysis of fast neutral oxygen atoms in capacitively coupled rf plasma — •KRISTIAN DITTMANN¹, BERT KRAMES¹, TIMO GANS², and JÜRGEN MEICHSNER¹ — ¹University of Greifswald, Institute of Physics, Greifswald, Germany — ²Queen's University Belfast, Centre for Plasma Physics, Belfast, Northern Ireland

Measured axially and temporally (RF phase) resolved plasma induced optical emission of the atomic oxygen, e.g. at 777.4 nm, together with PIC-MCC simulation have been shown characteristic excitation patterns in front of the powered electrode. The different pattern have their origin in electron impact excitation due to electron heating during the sheath expansion phase, energetic electrons in the sheath collapse phase due to electric field reversal, secondary electrons including electrons from detached negative ions, and the electronic excitation due to heavy particle collisions. Furthermore, the analysis of positive ions at the powered electrode by means of energy resolved mass spectrometry and PIC-MCC simulation provide information on the energetic ion current. The observed excitation of atomic oxygen by heavy species collision is coupled with the energetic ion flux. First measurements of the emission line profile of the excited atomic oxygen due to heavy particle collision show Doppler-shifted fractions of fast neutral oxygen atoms. These fast oxygen atoms, either backscattered from the powered electrode in connection with the incoming energetic ion flux, or created by charge transfer collisions in the plasma sheath, may be excited in collisions with the background gas.

P 8.4 Tu 16:00 Lichthof

Laser induced fluorescence spectroscopy of $N_2(A^3\Sigma_u^+, \nu = 0)$ and absolute density calibration by Rayleigh scattering — •SEBASTIAN NEMSCHOKMICHAL, FRANK BERNHARDT, BERT KRAMES, and JÜRGEN MEICHSNER — University of Greifswald, Institute of Physics, Greifswald, Germany

Laser induced fluorescence spectroscopy (LIF) is applied to a 13.56 MHz rf discharge (CCP) in nitrogen from 40 to 1000 Pa to measure absolute densities of the first metastable $N_2(A^3\Sigma_u^+, \nu = 0)$ state. The dye laser excites at 687.44 nm to the $N_2(B^3\Pi_g, \nu = 3)$ state which afterwards fluoresces to the $N_2(A^3\Sigma_u^+, \nu = 1)$ state at 762 nm. The fluorescence light is separated via a monochromator and detected by a photomultiplier tube.

Besides axial profiles of relative densities the temporal evolution of the LIF signal is investigated to distinguish the effective lifetime of the excited state depending on pressure. These lifetimes differ partly significantly from the lifetimes calculated by means of the radiative lifetime and the quenching rates from literature.

Absolute density calibration is done by a comparison of the LIF with Rayleigh scattering in nitrogen at 687 nm to be independent from the geometry of the absorption volume and the detection cone. Furthermore, the influence of small admixtures of oxygen (0.5 to 2%) was investigated.

P 8.5 Tu 16:00 Lichthof

Analysis of CF radical kinetics in pulsed fluorocarbon rf plas-

mas (CCP) — ●SERGEY STEPANOV and JÜRGEN MEICHSNER — Institute of Physics, University of Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 6, 17487 Greifswald, Germany

Measurements of the absolute number density of the highly reactive CF radical have shown a fast kinetics of the species in low pressure CF₄+H₂ capacitively coupled 13.56 MHz plasmas pulsed with a frequency of <1Hz [1]. Under considered plasma conditions, the total decay of the radical density during the afterglow phase took always less than 100 ms. Furthermore, a short overshoot was measured in CF density traces, directly after the plasma pulse start. The temporal resolution of about 30 ms, achieved in the standard approach of the applied InfraRed Tunable Diode Laser Absorption Spectroscopy (IR-TDLAS), was not enough for a detailed analysis of the CF-kinetics. Therefore, another data acquisition approach was established in the present work, which improved the temporal resolution to 940 μs. The high time-resolved CF density measurements enabled a proper analysis of the radical kinetics at the beginning of both "plasma on" and "plasma off" phase. In particular, CF production due to the electron impact fragmentation of C₂F₄ molecules at the beginning of the plasma pulse appeared to be the dominant reaction channel for the overshoot formation.

[1] O. Gabriel, S. Stepanov and J. Meichsner *J. Phys. D: Appl. Phys.* **40** (2007) 7383

P 8.6 Tu 16:00 Lichthof

Modifikation sulfidischer Minerale durch die Behandlung in MW-Plasmen — ●FRANK MAY¹, VOLKER BRÜSER¹, EBERHARD GOCK² und VOLKER VOGT² — ¹Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie (INP Greifswald e.V.) — ²Institut für Aufbereitung, Deponietechnik und Geomechanik, Clausthal-Zellerfeld

Die Benetzbarkeit von Mineraloberflächen ist bei der Trennung von Mineralgemischen durch Flotation von entscheidender Bedeutung. Um selektiv hydrophobe bzw. hydrophile Eigenschaften verschiedener Komponenten zu erzielen, werden bei konventionellen Verfahren die Gemische chemisch, mit sog. Kollektoren und Drückern, behandelt.

Bei einem neuartigen Verfahren soll, mit Blick auf Umweltverträglichkeit und Kostenersparnissen, versucht werden, die Benetzbarkeit durch Plasmabehandlungen zu beeinflussen. Voraussetzung dafür ist zunächst das Verständnis der Wechselwirkungen zwischen Plasmen und Mineraloberflächen.

In unseren Experimenten wurden dazu Pyrit- (FeS₂), Chalkopyrit- (CuFeS₂) und Chalkosinipulver (Cu₂S) unterschiedlicher Korngrößenfraktionen in MW-Plasmen behandelt und anschließend durch XPS und XRD untersucht. Das Arbeitsgas wurde massenspektrometrisch analysiert.

Nach Behandlungen in Ar-O₂-Plasmen konnte die Bildung von Eisenoxiden (Fe₂O₃, Fe₃O₄) auf der Oberfläche nachgewiesen und, durch Bestimmung freigesetzter SO₂-Volumina, quantitativ ermittelt werden. Abhängig von den Prozessparametern entstehen dabei verschiedene Zwischenprodukte, die auf eine schrittweise Oxidation hindeuten.

P 8.7 Tu 16:00 Lichthof

Novel method to produce catalysts for oxygen reduction reaction by dual plasma process — ●CHRISTIAN WALTER, VOLKER BRÜSER, and KLAUS-DIETER WELTMANN — INP Greifswald e.V. Felix-Hausdorff-Str. 2 17489 Greifswald

Polymer electrolyte membrane fuel cells (PEMFCs) have been recognised as a potential future power source for zero emission vehicles [1]. Today, Pt is the only efficient catalyst for the oxygen reduction reaction (ORR) in PEMFCs. But for reasons of availability and cost efficiency there is a great desire to replace Pt with inexpensive and abundant catalysts (Non-noble-metal catalysts (NNMCs)). Metal (Co/Fe)/N/C composites have emerged as the most promising alternatives within the NNMCs. Those composites are either prepared by pyrolysis of Co- or Fe-N₄-macrocycles at high temperatures in an inert atmosphere or by introducing the metal and the nitrogen precursors separately onto carbon support and subsequent pyrolysis [2]. But it has also been shown that metal-polymer-composites can be produced by a dual PECVD/PVD process [3]. In this contribution, such a dual process is used with pyrrole as the polymer and cobalt as metal to obtain catalytically active composites. Advantages and shortfalls of this technology are discussed.

[1] R. Bashyam and P. Zelenay; *Nature*, **2006**, **443**,63-66

[2] F. Jaouen *et al.*; *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **2009**, **1** (8), 1623-1639

[3] C. Walter *et al.*; *Plasma Process. Polym.*; **2009**, **6**, 803-812

P 8.8 Tu 16:00 Lichthof

Study of Linear and Non-linear Ion-acoustic waves in a Double-plasma device — ●FARAH AZIZ, SEBASTIAN ENGE, LARS STOLLENWERK, and ULRICH STROTH — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart

The system under consideration is a double plasma device. This device consists of two plasma regions, the source chamber and a target chamber, housed in a common vacuum chamber. The source and target plasma are separated from each other by a mesh grid. This device has been widely used as a tool to study waves in plasma. For our experiment, FLIPS (Flexible Linear Plasma) serves the purpose of a double plasma device. Wave phenomenon, like linear and non-linear ion acoustic waves, have been studied and presented here. Linear ion-acoustic waves are excited in the above mentioned device, by modulating the separating grid sinusoidally. In order to generate non-linear waves or solitons, the signal in the form of pulses or bursts is applied on the grid. The effects of different plasma parameters, on the linear and non-linear waves are then discussed. Particle-in-cell technique is a useful method to simulate plasma behaviour. In this simulation technique, the motion of a large number of charged particles in their self-consistent electric and magnetic fields is followed. The above mentioned phenomena are simulated, using particle-in-cell technique. The experimental observations and simulations are then presented.

P 8.9 Tu 16:00 Lichthof

Vergleich der Strahlungscharakteristik von Niederdruck-Bogenentladungen mit Stickstoff-Edelgasmischungen — ●FLORIAN VOGEL¹, ROLAND FRIEDL^{1,2}, URSEL FANTZ^{1,2} und PATRICK STARKE¹ — ¹Lehrstuhl für Experimentelle Plasmaphysik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, 85748 Garching

Das Emissionsspektrum einer Bogenentladung (Frequenz 20kHz, Durchmesser 26 mm, Elektrodenabstand 28 cm) in Stickstoff-Edelgasmischungen hängt in hohem Maße von Stickstoffgehalt, Druck und eingekoppelter Leistung ab. Dabei kann das Verhältnis verschiedener elektronischer Übergänge im Stickstoffmolekül - zusammengefasst in den sog. Stickstoff-Systemen - stark unterschiedlich sein. Um dies zu untersuchen, wurden Stickstoff-Beimischungen zwischen 1-10% bei Drücken von 1-3 mbar mit Neon und verschiedenen Argon-Neon-Gemischen als Hintergrundgas mithilfe optischer Emissionsspektroskopie diagnostiziert. Die Variation der Emission des Stickstoffs im ersten und zweiten positiven System wird vorgestellt und mit denen von Argon als Hintergrundgas verglichen. Ziel dieser Untersuchungen ist es, das Strahlungsverhalten von Stickstoff in Neon, Argon und Neon-Argon-Mischungen im ersten und zweiten positiven System des Stickstoffs gleichermaßen zu optimieren.

P 8.10 Tu 16:00 Lichthof

Helikontentladungen in Wasserstoff — ●WOLFGANG BÖHM¹ und URSEL FANTZ^{1,2} — ¹Lehrstuhl für Experimentelle Plasmaphysik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, 85748 Garching

Helikontentladungen zeichnen sich gegenüber den weit verbreiteten induktiv gekoppelten Entladungen (ICPs) durch höhere Elektronendichten bei gleicher eingekoppelter Leistung und der Betriebsmöglichkeit bei vergleichsweise kleinen Drücken aus. Da der Leistungsverbrauch von Quellen zur Erzeugung negativer Wasserstoffionen gesenkt werden soll, die bei ITER wichtig für die Neutralteilcheninjektion (NBI) sind, wird die Möglichkeit untersucht, statt einer ICP- eine Helikontentladung zu verwenden. Ziel ist der Betrieb einer Wasserstoff-Helikontentladung bei vergleichbaren Plasmaparametern (insbesondere gleichem Protonenfluss) und experimentellen Rahmenbedingungen ($\varnothing_{\text{Gefäß}} = 28$ cm, $f = 1$ MHz, $p < 0,3$ Pa, $P < 80$ kW, typischer Leistungsverbrauch in ICP-getriebenen Ionenquellen).

Dazu werden zunächst an einem separaten Experiment mit variabler Gefäßgröße (5 bis 20 cm Durchmesser), unterschiedlichen Anregungsfrequenzen (2 MHz und 13,56 MHz) sowie variablem äußerem Magnetfeld (bis zu 20 mT) Wasserstoffplasmen erzeugt und mittels optischer Emissionsspektroskopie untersucht. Gemessen werden Teilchendichten und Elektronentemperatur. Dadurch soll der Einfluss von Geometrie, eingekoppelter Leistung und Magnetfeld auf die Plasmaparameter überprüft werden. Die erzielten Resultate werden vorgestellt und die Möglichkeit der Anwendung für ITER (NBI) diskutiert.

P 8.11 Tu 16:00 Lichthof

Vergleich der Plasmaparameter von induktiv und kapazitiv gekoppelten Niederdruckentladungen in Röhrengeme-

trie — ●STEFAN BRIEF¹ und URSEL FANTZ^{1,2} — ¹Lehrstuhl für Experimentelle Plasmaphysik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, 85748 Garching

In herkömmlichen Leuchtstofflampen wird Quecksilber zur Strahlungserzeugung verwendet, das im UV-Bereich emittiert. Aufgrund der Umweltbelastung durch Hg sucht man nach Alternativstoffen, wobei insbesondere Metallhalogenide diskutiert werden, die im Bereich zwischen 300 und 420 nm ein breites und intensives Bandenspektrum besitzen. Wegen der hohen Reaktivität dieser Moleküle muss bei deren Einsatz aber auf elektrodenlose Einkopplungskonzepte zurückgegriffen werden, wobei die Geometrie der Leuchtstoffröhre beibehalten werden soll. Daher werden die kapazitive und die induktive HF-Einkopplungsmethode (Frequenz 13,56 MHz) in Niederdruckplasmen mit Röhrengometrie (Durchmesser 2,5 cm) anhand der Plasmaparameter und der Abstrahlungseffizienz im sichtbaren und nahen UV-Bereich verglichen. Es werden Entladungen mit verschiedenen Edelgasen ohne Metallhalogenidzusatz bei einer Druckvariation im mbar-Bereich und Leistungen von weniger als 100 W untersucht. Die gewonnenen Erkenntnisse sollen für die Optimierung von Plasmen mit Metallhalogeniden hinsichtlich der Abstrahlungseffizienz der Molekülstrahlung verwendet werden.

P 8.12 Tu 16:00 Lichthof

Transport geladener Plasmateilchen in der Randschicht von HF-Quellen zur Produktion negativer Wasserstoffionen — ●DIRK WÜNDERLICH, RAPHAEL GUTSER, URSEL FANTZ und NNBI-TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, 85748 Garching, EURATOM Assoziation

Das für Heizung und Stromtrieb an ITER vorgesehene Neutralteilchen-Injektionssystem wird auf der Erzeugung, Beschleunigung und Neutralisation negativer Wasserstoffionen basieren. Das Design der verwendeten HF-Ionenquelle entspricht prinzipiell den am IPP Garching entwickelten und betriebenen Prototypen. Die negativen Ionen werden durch Konversion von Wasserstoffatomen und Protonen an den mit einer dünnen Cäsiumschicht bedeckten Innenwänden des Plasmagefäßes erzeugt. Ein magnetisches Filterfeld sowie eine an die Plasmagitteroberfläche angelegte Biasspannung dienen dazu, den extrahierten Ionenstrom zu maximieren und gleichzeitig den ko-extrahierten Elektronenstrom zu minimieren. Das Verständnis der dabei ablaufenden Prozesse ist essentiell für die weitere Optimierung der Ionenquellen. Daher wurde ein 1d3v PIC-Code mit Monte-Carlo-Modulen für Teilchenstöße im Plasma sowie die Oberflächenproduktion von negativen Ionen angewendet, um in einer vereinfachten Geometrie den Einfluss von Magnetfeldern und Biasspannung auf den Transport von geladenen Teilchensorten in der unmittelbaren Nähe des Plasmagitters zu untersuchen. Der aktuelle Status des Codes sowie die neuesten Ergebnisse werden vorgestellt und diskutiert.

P 8.13 Tu 16:00 Lichthof

Teilchendichten und -flüsse in HF-angeregten Wasserstoffplasma — ●DAVID ERTLE¹, PATRICK STARKE¹ und URSEL FANTZ^{1,2} — ¹Lehrstuhl für Experimentelle Plasmaphysik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, 85748 Garching

In einem planar induktiv gekoppelten HF-Plasmaexperiment (Frequenz: 27,12MHz) werden mittels optischer Emissionsspektroskopie, Langmuirsondenmessungen und energieauflösender Massenspektroskopie Plasmaparameter und Teilchenflüsse ermittelt. Zielsetzung hierbei ist die Untersuchung der Korrelationen zwischen atomaren und molekularen Dichten und Flüssen und Ionenflüssen der verschiedenen Ionenspezies auf eine Oberfläche in Wasserstoffplasmen. Darüber hinaus soll eine Verifikation theoretischer Modelle mithilfe der bestimmten Plasmaparameter erfolgen. Es werden Ergebnisse für einen Druckbereich von 5-20Pa bei einer eingekoppelten Leistung von bis zu 400W bei verschiedenen Wasserstoff-Helium-Mischplasmen diskutiert und Wasserstoff- und Deuteriumplasmen bei bekannten Plasmaparametern verglichen.

P 8.14 Tu 16:00 Lichthof

Cäsiumverteilung in großflächigen HF-Quellen für negative Wasserstoffionen — ●BENJAMIN RUF, DIRK WÜNDERLICH, URSEL FANTZ und NNBI-TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, 85748 Garching, EURATOM Assoziation

Für die ITER Neutralteilcheninjektion werden großflächige Ionenquellen ($A_{\text{extr}} \approx 2000 \text{ cm}^2$, $P_{\text{HF}} \approx 800 \text{ kW}$) zur Erzeugung von H^-/D^- benötigt. Die negativen Ionen werden in einem Niederdruckplasma

($p \leq 0.3 \text{ Pa}$) durch den Oberflächenprozess (Konversion von Atomen und Protonen an den mit einer dünnen Cäsiumschicht bedeckten Quellenwänden) erzeugt. Eine homogene Produktion und damit auch Extraktion der negativen Ionen ist eine Hauptanforderung für ITER. Um dies zu erreichen ist eine homogene Cäsiumverteilung auf dem Plasmagitter erforderlich.

An den IPP-Prototypen für die ITER-Ionenquelle ($A_{\text{extr}} \leq 200 \text{ cm}^2$, $P_{\text{HF}} \leq 100 \text{ kW}$) werden die äußeren Parameter (Position Magnetfilterfeld, Leistung, Cäsiumkonditionierung) systematisch verändert und deren Einfluss auf die Cäsiumhomogenität untersucht. Dazu kommt die optische Emissionsspektroskopie (OES) zum Einsatz, mit Sichtstrahlen parallel zum Plasmagitter. Die Cäsiumdichte wird aus der Emissionslinie bei 852 nm bestimmt. Um Absolutwerte zu erhalten, werden Plasmaparameter (n_e, T_e) von Langmuirsondenmessungen verwendet. Die OES ermöglicht zudem Rückschlüsse auf die Plasmaverteilung, welche eine weitere Voraussetzung für die Homogenität der extrahierten negativen Ionen ist. Erste Ergebnisse zur Cäsiumverteilung und Plasmahomogenität werden vorgestellt und diskutiert.

P 8.15 Tu 16:00 Lichthof

Massenaufgelöste Ionenflüsse aus Wasserstoff-Argon-Niedertemperaturladungen: Vergleich Experiment - Modell — ●MAIK SODE, THOMAS SCHWARZ-SELINGER, WOLFGANG JACOB, DIRK WÜNDERLICH und URSEL FANTZ — Max Planck Institut für Plasmaphysik, 85748 Garching, EURATOM Assoziation

Aus einem Niedertemperaturplasma austretende Ionenflüsse wurden mit einem energiedispersiven Massenspektrometer quantitativ und massenaufgelöst ermittelt. Das Plasma wird induktiv erzeugt, wobei eine Hochfrequenz von 13,56 MHz durch einen Quarzglashut mittels einer flachen Spule eingekoppelt wird. Die Ionenmassenverteilungen wurden für 2 und 10 Pa Totaldruck in Abhängigkeit vom Wasserstoff-Argon-Mischungsverhältnis mit dem energiedispersiven Massenspektrometer gemessen, welche zusätzlich mit einem Gegenfeldanalysator quantitativ bestimmt wurden. Somit wurden Ionenflüsse auf die Wand im Bereich von $10^{15} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ermittelt. Die häufigsten Ionenspezies sind für reine H_2 -Plasmen das H_3^+ -Ion bzw. für reine Argonplasmen das Ar^+ -Ion. Bei Mischungen der Gase dominieren das H_3^+ - sowie das ArH^+ -Ion, während H^+ , H_2^+ und Ar^+ nur einen kleinen Anteil am Gesamtionenstrom beitragen.

Diese Resultate werden mit Simulationsrechnungen verglichen. Die Simulation basiert auf einem Ratengleichungsmodell, das elektronenstoßinduzierte Prozesse und Ionen-Molekülreaktionen im Plasmavolumen beinhaltet. Als weitere Inputparameter für die Modellierung wurden für die experimentellen Verhältnisse die Dichte und Temperatur der Elektronen mit einer Langmuirsonde gemessen.

P 8.16 Tu 16:00 Lichthof

Langmuir probe characterisation in a cesiated high density negative ion source — ●LOIC SCHIESKO, URSEL FANTZ, and NNBI-TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, 85748, Garching, EURATOM Assoziation

Development of a high power RF H^-/D^- source for the ITER neutral beam injectors has been ongoing at IPP Garching for the past several years. The source is Cs seeded in order to increase the negative ion yield. Temporal evolutions (day to day operation) of Langmuir probe characteristics located in the neighborhood where negative ions are created are presented and show the influence of Cs and H^- . Comparisons between probe characteristics obtained in the beginning of the measurement campaign (low cesium coverage, low H^- current and high electron to negative ion ratio) and the end of the campaign (high cesium coverage, high H^- current and low electron to negative ion ratio) show a whole decrease of plasma parameters and also of particle densities. Moreover, the onset of an ion-ion plasma will be shown. Finally, the interpretation of such I(V) characteristics will be discussed.

P 8.17 Tu 16:00 Lichthof

Langmuirsondenmessungen zum Einfluss von externen Magnetfeldern auf Plasmaparameter einer HF-Wasserstoffionenquelle für ITER NBI — ●ALEXANDER HERTTRICH, LOIC SCHIESKO, URSEL FANTZ und NNBI-TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, 85748 Garching, EURATOM Assoziation

Im zukünftigen Fusionsexperiment ITER wird eine auf negativem Wasserstoff basierende Neutralteilchenheizung (NNBI) eingesetzt werden. In den HF-angeregten Prototypen der Ionenquelle für die ITER-NBI ($A_{\text{extr}} \approx 70 \text{ cm}^2$, $P_{\text{HF}} \leq 100 \text{ kW}$) wird ein magnetisches Filterfeld

eingesetzt. Dieses Filterfeld reduziert den ko-extrahierten Elektronenstrom und hat großen Einfluss auf die Elektronen- und positive Ionendichte, auf die Elektronentemperatur und auch auf die extrahierte H^- -Stromdichte.

Es wurden systematische Untersuchungen zur Position des Filterfeldes sowie aktiv geänderter Potentialdifferenz zwischen Plasmagitteroberfläche und den restlichen Wänden der Quelle (Bias) durchgeführt. Dabei wurden die oben genannten Plasmaparameter und die Symmetrie des Plasmas mit dicht am Extraktionssystem befindlichen Langmuirsonden gemessen. Ziel der Untersuchung war, eine optimale Parameterkonfiguration für maximal unterdrückte Elektronenstromdichte bei gleichzeitig hohem extrahierten H^- -Strom und symmetrischer Plasmaperzentage zu finden.

P 8.18 Tu 16:00 Lichthof

Energy Transfer Efficiency of a Spherical Theta-Pinch — ●CHRISTIAN TESKE, ANDREAS FEDJUSCHENKO, JOACHIM JACOBY, and WALDEMAR SCHWEIZER — Institut für Angewandte Physik, Frankfurt am Main, Deutschland

A spherical theta-pinch device for VUV generation and plasma stripper applications with an operating frequency of 12 kHz has been developed. The setup consists of a series resonance circuit with a load capacitance of 27 mF and a large diameter induction coil surrounding a spherical discharge vessel with a discharge volume of 4000 ml. First measurements have been made to evaluate the transfer efficiency of the pulsed inductive discharge in Argon with 2.8% Hydrogen at gas pressures from 0.6 Pa up to 100 Pa at load voltages from 4 kV to 8 kV. Pulsed coil currents reached a maximum value of 18 kA with current rise times of 2 kA/μs while achieving a maximum energy transfer efficiency of 85% between the driving circuit and the plasma. Pulsed power peak values inside the plasma reached more than 2 MW.

P 8.19 Tu 16:00 Lichthof

Charge dynamics in electrically asymmetric dual frequency capacitive RF discharges — ●JULIAN SCHULZE¹, EDMUND SCHÜNGEL¹, ZOLTAN DONKO², and UWE CZARNETZKI¹ — ¹Institute for Plasma and Atomic Physics, Ruhr-University Bochum — ²Hungarian Academy of Science

Charge dynamics in electrically asymmetric, geometrically symmetric dual frequency capacitively coupled RF discharges operated at 13.56 MHz and 27.12 MHz with variable phase shift θ between the driving voltage waveforms is investigated by a PIC simulation and analytical models. Via the Electrical Asymmetry Effect (EAE) a variable DC self-bias is generated as a function of θ . A small phase shift between the DC self bias resulting from the PIC simulation and from a fluid simulation as well as the analytical model of the EAE is found. This Small Angle Effect is explained by the charge dynamics of ions and electrons within the RF period, which is not included in either the fluid simulation or the analytical model. Finally, the electron current dynamics is investigated by the analytical model of the EAE and the PIC simulation. An analysis of the current dynamics shows that the power dissipated to electrons within on low frequency period remains constant independently of θ . This result explains why the ion flux remains constant and only the ion energy is changed as a function of θ by the EAE.

P 8.20 Tu 16:00 Lichthof

Optimization of the Electrical Asymmetry Effect in geometrically symmetric capacitively coupled radio frequency discharges — ●EDMUND SCHÜNGEL¹, JULIAN SCHULZE¹, ZOLTAN DONKO², and UWE CZARNETZKI¹ — ¹Institute for Plasma and Atomic Physics, Ruhr-University Bochum — ²Hungarian Academy of Science

An electrical asymmetry in capacitively coupled radio frequency discharges with symmetrical electrode configuration can be induced by driving the discharge with a fundamental frequency and its second harmonic. For equal amplitudes of the applied voltage waveforms it has been demonstrated by modeling, simulation, and experiments that this Electrical Asymmetry Effect (EAE) leads to the generation of a variable DC self bias, that depends almost linearly on the phase angle between the driving voltages. Here the dependence of the DC self bias generated by the EAE on the choice of the driving voltage waveform is investigated experimentally, by a PIC simulation, and an analytical model. First, the EAE in dual frequency discharges is optimized by choosing optimum amplitudes of each applied harmonic. It is found that the ratio of high to low frequency amplitude should be about 1/2

to generate the strongest relative bias. Second, the EAE in multi-frequency discharges is investigated. It is found that the maximum relative DC self bias can be strongly enhanced by applying multiple consecutive frequencies with particular amplitudes to the discharge. This optimization of the EAE should allow a better control of the ion energy over an energy range that is significantly broader than before.

P 8.21 Tu 16:00 Lichthof

Experimentelle Untersuchungen zur Plasmadynamik am magnetischen Nullpunkt — ●ADRIAN VON STECHOW¹, OLAF GRULKE^{1,2} und THOMAS KLINGER^{1,2} — ¹EMA Universität Greifswald — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Greifswald

Neutral Loop Discharges sind Entladungen in Magnetfeldkonfigurationen, in denen die Feldstärke entlang einer Linie verschwindet. Durch den damit einhergehenden Verlust der Anisotropie kommt es in der Region um die Nulllinie zur Ergodisierung der Teilchenbahnen und somit zu stochastischer Heizung. Bei bisherigen Untersuchungen wurde das Plasma nahe des Nullrings geheizt, was die Trennung von Heizung durch direkte Leistungseinkopplung von der stochastischen Heizung erschwerte. Das lineare Plasmaexperiment VINETA bietet durch seine Geometrie die Möglichkeit, die Heizungs- von der Ergodisierungsregion zu trennen. Dazu wurden mit Langmuirsonden Verteilungsfunktionen und Dichteprofile aufgenommen, die mit Ergebnissen einer 3D-Einzelteilchensimulation verglichen wurden. Im Einzelteilchenbild kommt es bereits ohne E-Feld zu komplexen Bahnen, bei denen vor allem die irreguläre Bewegung aufgrund der Nichtlinearität der Bewegungsgleichungen, sowie Spiegeleffekte in den starken Feldgradienten eine Rolle spielen.

P 8.22 Tu 16:00 Lichthof

Transiente Driftwellen in VINETA — ●MANUEL WISOTZKY¹, OLAF GRULKE^{1,2} und THOMAS KLINGER^{1,2} — ¹EMA Universität Greifswald — ²MPI für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Greifswald

Driftwellen sind niederfrequente ($\omega \ll \omega_{ci}$) Mikroinstabilitäten, die durch Dichtegradienten getrieben werden und somit in jedem räumlich begrenzten, magnetisierten Plasma auftreten können. Driftwellen sind von besonderer Bedeutung im Kontext des fluktuationsinduzierten Transports in magnetisch eingeschlossenen Plasmen, in denen Driftwellen die turbulente Dynamik in der Plasmarandschicht dominieren. Laborexperimente bieten im Vergleich dazu den Vorteil, dass Driftwellen als einzelne gesättigte Moden beobachtet werden können. In dieser Arbeit wird das transiente Verhalten von Driftwellen in der linearen Helikonanlage VINETA untersucht. In einem homogenen Magnetfeld wird mittels Langmuirsonden und Sondenarrays die zeitliche Entwicklung von Dichte-, Plasmapotential- und Stromdichtefluktuationen kohärenter Driftmoden beobachtet, mit dem Ziel, das transiente Verhalten der Driftmoden in Relation zu der zeitlichen Entwicklung der Plasmaparameter zu setzen.

P 8.23 Tu 16:00 Lichthof

Experiments with electron and ion beams in a linear plasma device. — ●CHRISTOPHER RAPSON¹, OLAF GRULKE^{1,2}, and THOMAS KLINGER^{1,2} — ¹MPI for Plasma Physics, EURATOM Association, Greifswald — ²Ernst-Moritz-Arndt University, Greifswald

Ion and electron beams provide a source of free energy to excite density and potential fluctuations in plasmas. Particularly in space plasmas, but also in the laboratory, beam-plasma instabilities play a decisive role in the plasma dynamics. In this contribution, results of investigations using simulation and laboratory experiments are presented, for both electron and ion beams. These kinetic phenomena are investigated using PIC simulations, which yield the dispersion relation and spatio-temporal evolution of the fluctuations for a wide range of beam and plasma parameters. Experiments are performed in the linear experiment VINETA ($n \sim 10^{16} m^{-3}$, $T_e \sim 3 eV$). For the electron beam, results show a good agreement between oscillation frequency and electron plasma frequency, as determined from Langmuir probe measurements. However, it is observed that the oscillation frequency is independent of the local density, and does not reflect the density profile. Complementary to the electron beam investigation, a potassium ion beam (K^+) has been injected into the argon plasma. Measurements with an ion energy analyser and a Langmuir probe show that the ion beam driven fluctuations evolve on the much slower ion acoustic time scale.

P 9: Poster: Plasmatechnology

Time: Tuesday 16:00–18:00

Location: Lichthof

P 9.1 Tu 16:00 Lichthof

Energiestrommessungen in einer Metallclusterquelle zur Abscheidung von Nanokompositen — ●SVEN BORNHOLDT¹, TILO PETER², THOMAS STRUNSKUS², VLADIMIR ZAPOROJTCHEKOV², FRANZ FAUPEL², MATTHIAS WOLTER¹ und HOLGER KERSTEN¹ — ¹Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, CAU Kiel — ²Institut für Materialwissenschaft, CAU Kiel

Nanokomposite, die aus einem Dielektrikum mit eingebetteten Metallclustern bestehen, weisen interessante funktionelle Eigenschaften auf [1]. Die Beeinflussung der Clusterbildung und -größe auf der Substratoberfläche bringt allerdings einige Nachteile mit sich. Aus diesem Grund wird eine zur Clustererzeugung konstruierte Magnetronquelle eingesetzt, mit deren Hilfe Cluster substratunabhängig in der Gasphase erzeugt werden können. In diesem Prozess werden die Plasmaparameter durch die Mischung von Argon und Helium beeinflusst.

Um ein tiefergehendes Verständnis der in dieser Plasmaquelle ablaufenden Prozesse zu erhalten, wird diese mittels einer kalorimetrischen Sonde [2] untersucht. Von besonderem Interesse sind die Abhängigkeit der Energieeinträge vom Mischungsverhältnis der Gase und von der Vorspannung des Substrates bzw. der Sonde. Die Messungen der Energieeinträge im Plasma und auf das Substrat werden mit den Ergebnissen der UV/VIS Emissionsspektroskopie und den XPS Messungen zur chemischen Charakterisierung der entstehenden Nanokomposite korreliert.

[1] F. Faupel, et al. Contributions to Plasma Physics (2007), 47(7), 537-544

[2] Kersten et al., Vacuum (2001), 63, 385

P 9.2 Tu 16:00 Lichthof

Energiestrommessungen in Prozessplasmen mittels kalorimetrischer Sonden — ●SVEN BORNHOLDT, MARC STAHL und HOLGER KERSTEN — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, CAU Kiel

Plasma-Oberflächen-Wechselwirkungen spielen besonders in industriell genutzten Plasmen eine zentrale Rolle. Die energetischen und thermischen Verhältnisse an der Substratoberfläche unter Einfluss eines Plasmas beeinflussen maßgeblich die ablaufenden elementaren physikalischen und chemischen Prozesse [1]. Ätz- bzw. Wachstumsraten, chemische Zusammensetzung und Struktur der aufwachsenden Schichten lassen sich durch Variation der Prozessparameter steuern. Zur Bestimmung der Energieeinträge auf ein Substrat lassen sich kalorimetrische Sonden einsetzen. Mit diesen Sonden können die Energiebeiträge der verschiedenen Plasmaspezies (Elektronen, Ionen, Neutrale), Strahlung sowie die frei werdenden Energien durch Schichtbildung und Rekombination gemessen werden [2].

In diesem Beitrag wird das Grundprinzip der kalorimetrischen Sonde und unterschiedliche Kalibrierungsmethoden (Laser, stoßfreie Elektronen) vorgestellt. Ausserdem werden exemplarisch Untersuchungen in verschiedenen Plasmen, die in industriellen Anwendungen genutzt werden, wie HF-Plasma, Ionenstrahlquelle [3] und Magnetron [4] gezeigt.

[1] Thornton, J. Vac. Sci. Technol. (1974), 11, 666-670

[2] Kersten et al., Vacuum (2001), 63, 385

[3] Stahl et al., RSI, accepted (2009)

[4] Lundin et al., J. Phys. D: Applied Phys. (2009), 42, 185202

P 9.3 Tu 16:00 Lichthof

HMDSO Deposition auf Polyethylen-Pulver mittels Hohlkathodenglimmentladung in einem Wendelförderer — ●MEIKE QUITZAU, MATTHIAS WOLTER und HOLGER KERSTEN — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Universität Kiel

Die Abscheidung dünner Schichten mittels plasmagestützter Gasphasenabscheidung (PECVD) ist sehr effizient, um Polymere wie z.B. Polyethylen (PE, $(C_2H_4)_n$) mit definierten funktionellen Oberflächeneigenschaften zu erzeugen. So können beispielsweise solche Polymerfilme als Schutzschichten für optische Bauteile, Barrierschichten für Lebensmittel oder Beschichtungen für biokompatible Materialien eingesetzt werden. Für siliziumoxidhaltige Schichten wird Hexamethyldisiloxan (HMDSO) als Prekursor und Argon als Trägergas verwendet.

In den vorliegenden Untersuchungen wurde PE-Pulver mittels einer Hohlkathodenglimmentladung in einem Wendelförderer modifiziert. Dieser Aufbau ermöglicht eine kontinuierliche und homogene Oberflächenmodifikation bei beliebiger Behandlungszeit. Die im Ar/HMDSO Plasma gebildeten reaktiven Spezies wurden mit optischer Emis-

sionspektroskopie bei verschiedenen Gasmischungsverhältnissen untersucht. Die Zusammensetzung (funktionelle Gruppen) der auf dem PE-Pulver abgeschiedenen SiO_x -Schicht wurde mit Röntgenphotoelektronenspektroskopie analysiert. Mittels Kontaktwinkelmessungen konnten die Änderung der Oberflächenenergie und die Langzeitstabilität der Oberflächenmodifikation an Luft bei unterschiedlichen Ar/HMDSO Verhältnissen verifiziert werden.

P 9.4 Tu 16:00 Lichthof

Biofunctional Plasma Polymerized Ethylenediamine Thin Films — ●HOLGER TESTRICH¹, HENRIKE REBL², FRANK WIENHOLTZ¹, BARBARA NEBE², and JÜRGEN MEICHSNER¹ — ¹University of Greifswald, Institute of Physics, Felix-Hausdorff-Str. 6, 17487 Greifswald — ²University of Rostock, Centre of Medical Research, Schillingallee 69, 18057 Rostock

Plasma polymerized ethylenediamine (PPEDA) thin films (15-80 nm) were deposited on different biomedical substrates relevant to endoprosthesis by means of low pressure capacitively coupled 13.56 MHz plasma. The plane samples for the cell adhesion tests consist of titanium alloy with a diameter of 11 mm and a thickness of 2 mm. The substrates have a roughness R_a of 20 μm which is typical for hip joint endoprosthesis. Additionally, a stick with the length of 150 mm and diameter of 12 mm is used for abrasion tests. The plasma processing parameters (plasma power, gas mixture, pressure, continuous and pulsed plasma operation) were studied for the optimization of PPEDA thin film properties concerning the cell adhesion. The human osteoblastic cells MG-63 (ATCC) were used, cultivated in DMEM at 37 °C and 5 % CO_2 . While the initial cell adhesion (10 min) on PPEDA thin films deposited in the continuous plasma operation is similar to uncoated samples, the adhesion is significantly enhanced on PPEDA films deposited in pulsed mode operation. The investigations were realized within the BMBF collaborative research project "Campus PlasmaMed", grant no 13N9774.

P 9.5 Tu 16:00 Lichthof

Plasmapolymerisierte Barrierschichten auf Polyethylen-terephthalat (PET) — ●SIMONE PLOG, ANDREAS SCHULZ, MATTHIAS WALKER und ULRICH STROTH — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart

In den vergangenen Jahren gewann die Oberflächentechnologie zur Anpassung und Veränderung von Materialoberflächen stark an Bedeutung. In der Plasmatechnologie bedient man sich dabei unter anderem der sog. ECR-Plasmen. Dabei werden Elektronen an der Zyklotronresonanz geheizt, wogegen die Ionen in diesem thermodynamischen Nichtgleichgewicht nahezu Raumtemperatur beibehalten.

Dieser Beitrag beschäftigt sich mit der Herstellung und Charakterisierung plasmapolymerisierter Barrierschichten auf dem Polymer PET. Der Abscheidungsprozess wurde durch ein ECR-Plasma erzeugt, wobei als Arbeitsgase Sauerstoff und HMDSN (Hexamethyldisilazan) verwendet wurden. Durch Einflussnahme auf das Mischungsverhältnis beider Gaskomponenten sowie der Schichtdicke der Barrierschicht wurde der SiO_2 -Anteil der abgeschiedenen Schicht variiert und die Wasserdampfpermeation stark verringert. Die Schichtzusammensetzung und die Morphologie der Barrierschichten wurden durch Untersuchungen am IR-Spektrometer und REM charakterisiert.

P 9.6 Tu 16:00 Lichthof

Deposition of nitrogen-organic thin films using an atmospheric pressure microplasma jet. — ●ANDREAS VOGELSANG, JAN SCHÄFER, RÜDIGER FOEST, and KLAUS-DIETER WELTMANN — Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V., Greifswald, Germany

The characteristics of miniaturized low-power atmospheric plasma jets are such that special applications become possible in the fields of e.g. analytical chemistry, surface modification and thin film deposition. Processes that generate amino-group containing films are desired for biomedical applications, where thin films enhance the cell adhesion for example on coated implants [1]. Results are presented for the deposition of amino-functionalized films by means of a plasma jet operating at 27.12 MHz with argon and admixtures of Cyclopropylamine ($C_3H_5 - NH_2$). The plasma source is characterized by two ring electrodes around two concentric arranged capillaries. The outer one con-

sists of quartz and serves as dielectric barrier, whereas the inner capillary introduces the chemical reagent to the plasma region. Process parameters and deposition conditions are varied systematically and the resulting deposition profiles are analyzed by XPS after derivatization with TFBA. It is shown that the amino-group content depends strongly on treatment time, power of the jet and the composition of the ambient atmosphere.

[1] B. Finke, F. Luethen, K. Schröder et al., *Biomaterials* 28 (2007) 4521-4534

P 9.7 Tu 16:00 Lichthof

Surface modification of zircon oxide ceramics by an atmospheric plasma jet — ●ANTJE LEHMANN¹, ANDRÉ RUEPPELL¹, STEFAN RUPF², MATTHIAS HANNIG², and AXEL SCHINDLER¹ — ¹Institut für Oberflächenmodifizierung e.V., Permoserstr. 15, 04318 Leipzig — ²Universitätsklinikum des Saarlandes, Klinik für Zahnerhaltung, Parodontologie und Präventive Zahnheilkunde, 66421 Homburg/Saar

Zircon oxide ZrO₂, a hard, corrosion resistant, bio-compatible with high flexional strength. Therefore, it is widely used dentistry. Problems exist with the bonding between the ZrO₂ surface and adhesive resin cement. In this work atmospheric plasmas treatment has been used to modify polished ZrO₂ surfaces to enhance their wettability as an approach to improve the unsatisfactory bonding mentioned. We used a pulsed 2.45 GHz microwave driven plasma jet of an average power of lower than 10 W with helium as carrier gas. We observed strong increase of surface wettability and surface energy after plasma exposures with different gas mixtures (helium only and helium plus oxygen admixture), respectively, measured by the contact angle method. Furthermore, using XPS we measured an increase of the oxygen content from 57,9 at% to 63,9 at% and at the same time a decrease of carbon from 17,9 at% auf 8,1 at% at the surface after plasma jet treatment. This work is continued to optimize the plasma jet treatment by adjustment of plasma power and gas mixtures to vary reactive species produced in the jet, measured by mass spectrometry. The retentive strength will be finally measured by means of pull-off tests using zircon oxide parts and resin cement including surface roughness variation.

P 9.8 Tu 16:00 Lichthof

A cold intermittent DC Corona Discharge Plasma for antimicrobial treatment of microscopic cavities. — RENÉ BUSSIAHN, ●TORSTEN GERLING, and ECKHARD KINDEL — INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2

A new atmospheric pressure plasma source for biological and medical applications has been developed. Plasma lengths of several millimetres with a typical diameter of 30 μ m make this discharge particularly suitable for the treatment of microscopic cavities. The discharge is driven by a high-voltage DC power supply and uses argon as working gas. The device has been characterized in terms of its U-I-characteristics and space-resolved spectral output in the VUV, UV/VIS and NIR range with regard to discharge voltage, electrode distance and gas-admixtures of nitrogen, oxygen or air. The anti-microbial efficiency has been demonstrated by exposing *E. Coli* or *Staphylococcus aureus* colonized Agar plates to the discharge.

P 9.9 Tu 16:00 Lichthof

Spektroskopische Untersuchung einer atmosphärischen Mikrowellenplasmaquelle — ●MARTINA LEINS, ANDREAS SCHULZ, MATTHIAS WALKER, UWE SCHUMACHER und ULRICH STROTH — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart

Mikrowellenplasmaquellen bei Atmosphärendruck finden in unterschiedlichen Bereichen Anwendung. Einerseits kann durch die Behandlung von Oberflächen eine verbesserte Haftung von Lacken oder Klebstoffen erzielt werden, andererseits können diese Plasmaquellen für chemische Synthesen eingesetzt werden. Hier wäre als Beispiel die

Reinigung von Abgasen und die CH₄-Pyrolyse zu nennen.

Die in dieser Arbeit charakterisierte 2.45 GHz-Mikrowellenplasmaquelle beruht auf einem Resonatorprinzip. Das Plasma wird durch ein Quarzrohr eingeschlossen, und die Gaszuführung erfolgt über eine metallische Düse. Des Weiteren gewährleistet diese Quelle ein Zünden des Plasmas ohne weite Zündhilfe als auch einen stabilen Betrieb des Plasmas.

Die ortsaufgelöste Charakterisierung eines angefeuchteten Luftplasmas für unterschiedliche Mikrowellenleistungen und Gasflüsse erfolgte mittels optischer Emissionsspektroskopie. Die Gastemperatur konnte mit Hilfe des A² Σ^+ \rightarrow X² Π_{γ} -Übergang des freien OH-Radikals zu 3500 – 4000 K bestimmt werden. Eine untere Abschätzung der Elektronentemperatur von 5200 – 5800 K lieferte ein Boltzmann-Plot zweier Sauerstoffatomlinien.

P 9.10 Tu 16:00 Lichthof

Untersuchung des Frequenzverhaltens von Wechselstrom-elektroden für Hochdruckentladungslampen zwischen 10Hz - 10kHz in einer Modell-Lampe — ●MICHAEL WESTERMEIER, CORNELIA RUHRMANN, JENS REINELT, JÜRGEN MENTEL und PETER AWAKOWICZ — Allgemeine Elektro- und Plasmatechnik, Ruhr-Universität Bochum, Germany

Hochdruck-Entladungslampen (HID) zeichnen sich durch eine hohe Effizienz, gute Farbwiedergabe und lange Lebensdauer aus. Eine weitere Optimierung lässt sich durch eine geeignete Wahl der elektrischen Anregung erreichen. Um Untersuchungen durchführen zu können, die an realen HID-Lampen nicht möglich sind, wurde die so genannte Bochumer Modell-Lampe entwickelt. In der mit Argon betriebenen Modell-Lampe wurde in Abhängigkeit von der Frequenz phasenaufgelöst die Elektrodentemperatur, die Summe aus Kathodenfall- und Anodenfallspannung sowie die Elektronentemperatur und Elektronendichte unmittelbar vor der Elektrode gemessen. Aus den Messgrößen wurden die in die Elektrode eingekoppelte Leistung, der Kathodenfall und der Anodenfall bestimmt. Die Untersuchungen ergeben mit steigender Frequenz eine Reduktion der Unterschiede zwischen kathodischer und anodischer Phase, eine Abnahme der Modulation durch den Polaritätswechsel, jedoch einen Anstieg der mittleren Elektrodenverlustleistung. Der Spotansatz in der kathodischen Phase verschwindet. Diese Arbeit wurde gefördert durch die DFG (GRK 1051) und die RUB Research-School.

P 9.11 Tu 16:00 Lichthof

Untersuchung des Frequenzverhaltens von Wechselstrom-elektroden zwischen 10Hz und 3,5kHz in einer mit Dysprosium-Jodid dotierten Hochdruckentladungslampe — ●CORNELIA RUHRMANN, MICHAEL WESTERMEIER, JENS REINELT, JÜRGEN MENTEL und PETER AWAKOWICZ — Allgemeine Elektro- und Plasmatechnik, Ruhr-Universität Bochum, Germany

Hochdruck-Entladungslampen (HID) zeichnen sich durch eine hohe Effizienz, gute Farbwiedergabe und lange Lebensdauer aus. Für spektroskopische Untersuchungen werden spezielle Forschungslampen mit einem optisch transparenten Lampenkolben aus Yttrium-Aluminium-Granat (YAG) verwendet. Diese YAG-Lampen unterscheiden sich in ihrem Verhalten vor allem durch zusätzliche Füllstoffe, wie z. B. von Dysprosium-Jodid, von der so genannten Bochumer Modell-Lampe. An einer mit Dysprosium-Jodid dotierten YAG-Lampe wurden in Abhängigkeit von der Frequenz die Elektrodentemperatur, sowie unmittelbar vor der Elektrode die Plasmatemperatur, die Dy-Atom- und Dy-Ionen-Dichte gemessen. Aus der Elektrodentemperatur wurde die in die Elektrode eingekoppelte Leistung bestimmt. Diese nimmt mit steigender Dysprosiumdichte vor der Elektrode ab. Außerdem ergibt sich anders als in der Modell-Lampe eine Reduktion der Elektrodenverlustleistung mit steigender Frequenz. Die Abnahme der Verlustleistung lässt sich durch den Gas-Phasen-Emitter-Effekt von Dysprosium erklären. Er tritt mit steigender Frequenz nicht nur an der Kathode sondern auch an der Anode auf. Diese Arbeit wurde gefördert durch die DFG (GRK 1051), die RUB Research-School und Philips Lighting, NL.

P 10: Poster: Theory/Modelling I

Time: Tuesday 16:00–18:00

Location: Lichthof

P 10.1 Tu 16:00 Lichthof

Einfluss von Modellvereinfachungen bei der Modellierung von Gasentladungsplasmen — ●MARKUS M. BECKER und DETLEF LOFFHAGEN — INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald, Germany

Zur Beschreibung des raumzeitlichen Verhaltens von Gasentladungen wurde ein hydrodynamisches Modell adaptiert, das die zeitabhängigen Teilchen-, Impuls- und Energiebilanzgleichungen für die Elektronen, die zeitabhängigen Teilchen- und Impulsbilanzgleichungen für die positiven und negativen Ionen, die Teilchenbilanzgleichungen für die Neutralteilchen und die Poisson-Gleichung zur Bestimmung des elektrischen Potentials umfasst. Das Modell wird eingesetzt, um den Einfluss üblicher Modellvereinfachungen am Beispiel von Niederdruckglimmentladungen in Argon zu diskutieren. Dazu wird eine detaillierte Reaktionskinetik mit sieben angeregten Argonatomzuständen und entsprechenden Stoßprozessen zwischen den Spezies verwendet, wobei die Ratenkoeffizienten der Elektronenstoßprozesse in Abhängigkeit von der mittleren Energie der Elektronen bestimmt werden. Der Vergleich mit Resultaten von Hybrid-Modellierungen und Experimenten [1] zeigt, dass die Genauigkeit von Fluid-Modellen wesentlich verbessert werden kann, wenn insbesondere anstelle einer vereinfachten eine detaillierte Reaktionskinetik für die Spezies im Plasma verwendet wird und wenn die Teilchenströme der geladenen Teilchen konsistent und nicht mittels Drift-Diffusionsnäherung beschrieben werden.

[1] A. Derzsi et al., *J. Phys. D: Appl. Phys.* **42** (2009) 225204

P 10.2 Tu 16:00 Lichthof

Two-temperature modeling of DC and ICP plasma torches in argon at atmospheric pressure — ●MARGARITA BAEVA, DIRK UHRLANDT, and DETLEF LOFFHAGEN — INPGreifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald, Germany

DC arc plasma devices and inductively coupled plasma (ICP) torches have been used over the years as an effective tool in various industrial applications. Magnetically rotating arcs have been increasingly adopted in DC arc plasma devices for diagnostics and material processing, modern circuit breakers, etc. In this work, we present self-consistent calculations of the plasma parameters of atmospheric pressure DC and ICP plasma torches based on MHD models including a two-temperature description (different electron and heavy particles temperature). The results obtained are compared with those from local thermal equilibrium (LTE) models. In an LTE model the plasma composition and the transport and thermodynamic properties are calculated in advance as a function of the gas temperature at constant pressure. Models based on the LTE assumption yield narrower and shorter high temperature region as compared to the non-LTE model. The presence of external magnetic field in the DC torch yields to stronger deviations from LTE. As a result, electron and heavy particle temperatures differ in the arc core in about 10 % underscoring the need for a two-temperature treatment. Deviations from rotational symmetry are observed in both ICP and DC plasma torches indicating the need for a three-dimensional description.

P 10.3 Tu 16:00 Lichthof

The ion energy distribution in dual radio frequency collisionless CCPs — ●MOHAMMED SHIHAB, THOMAS MUSSENBRÖCK, and RALF PETER BRINKMANN — Ruhr-University Bochum, Institute for Theoretical Electrical Engineering, D-44780 Bochum, Germany

Low pressure capacitively coupled plasmas (CCPs) are widely used for etching and deposition of thin films in semiconductor manufacturing and processing. Although dual frequency systems were introduced in the early 1990s, there has been recently an increase interest for studying these systems due to the ability of independent control of the ion

flux and ion bombardment energy. In this contribution, a Monte Carlo method is developed and applied for collisionless plasma sheath to calculate the energy distribution of bombarding ions with electrode. The ions are treated one by one from the bulk to the wall through a potential matrix, which is a two dimensional grid matrix in time and distance. The electric field effects on the ion is calculated by the gradient of the potential in each cell. The main goal of this work is to provide a fast, flexible, and also simple code for calculating reliable ion energy distribution on substrates which allows the implementation in grid computing structures. Financial support from the Federal Ministry of Education and Research within the frame of the project "Plasma Technology Grid" is gratefully acknowledged.

P 10.4 Tu 16:00 Lichthof

Die Darwin-Approximation für technische Plasmen — ●DENIS EREMIN, MARTIN LAPKE, THOMAS MUSSENBRÖCK und RALF PETER BRINKMANN — Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, Ruhr-Universität Bochum

Seit geraumer Zeit herrscht bei kapazitiv gekoppelten Plasmen – getrieben durch Anwendungen wie Mikroelektronik und Photovoltaik – ein Trend zu immer größeren Anlagen und höheren Betriebsfrequenzen. Mit beiden Parametern steigt der Einfluss elektromagnetischer Effekte auf die Plasmadynamik und die übliche elektrostatische Näherung bricht zusammen. Die numerische Simulation des elektromagnetischen Regimes auf Basis der vollen Maxwell-Gleichungen ist sehr aufwendig und nur unter einschränkenden Annahmen möglich. Dieser Beitrag zeigt, dass es jedoch in nahezu allen praktischen Fällen ausreicht, die einfachere Darwin-Approximation zu verwenden: Zwar sind die Anlagen nicht mehr klein gegen die Skintiefe des Plasmas, aber immer noch klein gegen die Vakuumwellenlänge der eingekoppelten Hochfrequenz. Zur Begründung dieser Aussage wird ein vollständig elektromagnetisches Modell mit realistischen Randbedingungen aufgestellt und einer systematischen Skalenganalyse unterworfen. Ferner werden erste Ergebnisse eines Particle-in-Cell-Codes unter Verwendung der Darwin-Approximation präsentiert.

P 10.5 Tu 16:00 Lichthof

Modellierung der nichtlinearen Elektronenresonanzheizung in asymmetrischen kapazitiv gekoppelten Hochfrequenzentladungen — ●MAX ENGELHARDT, THOMAS MUSSENBRÖCK und RALF PETER BRINKMANN — Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, Ruhr Universität Bochum

In technischen Plasmen wird stets versucht die in die Entladung eingekoppelte Leistung zu optimieren. Neben den bekannten Heizmechanismen eines Plasma, der stochastischen und der Ohmschen Heizung, spielt in asymmetrischen Entladungen die Elektronenresonanzheizung eine wichtige Rolle. Dieser Heizmechanismus kann mithilfe eines nichtlinearen globalen Modells beschrieben werden.[1,2] In der Praxis ist es möglich den Elektroden Impedanz Effekt durch ein vorgeschaltetes, äußeres Netzwerk zu beeinflussen.[3,4] Das Ziel dieser Arbeit ist es, diesen Effekt in einem Modell zu beschreiben und erfolgreich zu simulieren. Das Plasma wird dabei durch ein elektrisches Ersatzschaltbild beschrieben. Zusätzlich wird das vorgeschaltete Netzwerk betrachtet, welches die Serienresonanzfrequenz des Plasmas beeinflusst. Durch die gezielte Anregung gewisser harmonischer Oberwellen des Plasma-Stroms kann eine höhere Leistung im Plasmabulk umgesetzt werden, dies resultiert direkt in einer höheren Elektronendichte. Die Ergebnisse dieser Arbeit spiegeln die experimentellen Ergebnisse sehr gut wieder.

[1] T. Mussenbrock et al., *Appl. Phys. Lett* **88**, 151503 (2006). [2] T. Mussenbrock et al., *Phys. Rev. Lett* **101**, 085004 (2008). [3] Y. Yamazawa et al., *Jpn. J. Appl. Phys.* **46**, 7453 (2007). [4] Y. Yamazawa, *Appl. Phys. Lett* **95**, 191504 (2009).

P 11: Invited Talks Windisch, Manz, Loffhagen, Hauser

Time: Wednesday 11:00–13:00

Location: B 305

Invited Talk

P 11.1 We 11:00 B 305

Intermittent plasma transport — •THOMAS WINDISCH¹, OLAF GRULKE^{1,2}, and THOMAS KLINGER^{1,2} — ¹Max-Planck-Institute for Plasma Physics, EURATOM Association, 17491 Greifswald, Germany — ²Ernst-Moritz-Arndt University Greifswald, Germany

The edge turbulence in toroidal fusion devices is characterized by intermittent fluctuations of the density and potential, thereby strongly affecting the transport. This fluctuation-induced transport of plasma particles and energy across the confining magnetic field affects several key reactor issues, e.g., heat and particle fluxes to the first wall, recycling, impurities and Helium ash removal. Experimental results and numerical simulations show that the intermittent bursts in the scrape-off layer (SOL) can be ascribed to large-amplitude self-organized coherent structures, called 'blobs', which propagate radially outwards through the SOL with a velocity of less than one tenth of the ion sound speed typically. A statistical analysis clearly revealed that radially propagating turbulent structures are also observed in the linearly magnetized laboratory experiment VINETA. Their formation is closely related to the primary drift-wave instability and their radial velocity is determined by the $E \times B$ -convection due to the self-consistent potential perturbation. In the talk special attention is paid to the evolution of the spatio-temporal dynamics of the turbulent structures across an externally imposed $E \times B$ -shear layer. An emissive filament is used to produce a local variation of the radial potential profile, which gives rise to an azimuthally sheared $E \times B$ -flow. The nonlinear response of the structure is studied using multi-probe arrays.

Invited Talk

P 11.2 We 11:30 B 305

Structure formation in drift-wave turbulence — •PETER MANZ, MIRKO RAMISCH, and ULRICH STROTH — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart

Turbulence is studied for more than 250 years. Although famous scientists as Reynolds, Kolmogorov, Heisenberg or Landau worked on this topic, a general mathematical or physical solution could not be found yet. This is because turbulence corresponds to a highly nonequilibrium state, where dynamical processes on micro and macro-scales are closely coupled.

Many current problems in climate, economy and energy research are directly or indirectly related to turbulence. Also for the major part of particle and energy losses in toroidal fusion plasmas turbulence is responsible. Of special interest is the spontaneous generation of transport barriers triggered by azimuthally symmetric, band like shear flows called zonal flows, which can decorrelate the turbulence and absorb energy from the fluctuations. As in rotating geophysical fluids turbulence in magnetically confined plasmas is two-dimensional. Energy cascades from small to large scales such as zonal flows or hurricanes. The contribution will give a general overview of the physical mechanisms active in the turbulent cascades. The fundamental processes are investigated using data from the stellarator TJ-K. The physics of turbulence suppression by sheared flows will be explained by a somewhat different mechanism as the generally expected one.

Invited Talk

P 11.3 We 12:00 B 305

Dynamic behaviour of dc discharges — •DETLEF LOFFHAGEN and FLORIAN SIGENEGER — INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald, Germany

Motivated by the demand to understand the basic processes and dynamics of gas discharge plasmas and by the advancement of gas discharge applications, modelling has gained increasingly in importance. Different numerical methods are in use to describe theoretically the behaviour of the gas discharge plasma including fluid (or hydrodynamic) models, a fully kinetic treatment as well as so-called hybrid methods. The present contribution deals with the numerical modelling and analysis of weakly ionized low-temperature plasmas by means of time- and space-dependent hybrid methods, which combine a fluid treatment of the plasma species with the solution of the spatially inhomogeneous electron Boltzmann equation. Main aspects of the hybrid method are given and results of its application to study the temporal evolution of spatially one-dimensional plasmas are discussed. In particular, the dynamic behaviour of the column-anode plasma of a neon glow discharge after a short disturbance of the positive column by a laser pulse is analysed from its initiation until reaching steady state. The laser-pulse induced local decrease of the ionization rate causes a strong modulation of the electric field which produces spatial structures of the particle densities and rate coefficients. These structures are closely connected with the nonlocal response of the electron component in the inhomogeneous electric field. They are typical of ionization waves with an anode-directed group velocity and a cathode-directed phase velocity.

Invited Talk

P 11.4 We 12:30 B 305

The numerical simulation of diffuse axial magnetic field vacuum arcs — •ANDREAS HAUSER¹, WERNER HARTMANN¹, ANDREAS LAWALL², ROMAN RENZ², and NORBERT WENZEL¹ — ¹Siemens AG, Corporate Technology, Erlangen, Germany — ²Siemens AG, Energy Distribution, Berlin, Germany

Vacuum interrupters are central components in medium voltage distribution networks. While having reached a high degree of maturity, the future demands on energy distribution networks require a considerable increase in switching capability due to higher energy densities.

As the arc determines the switching capability to a large extent, it is the understanding and interpretation of the arc, the plasma bulk and its interaction with the contact system, which enables new and more powerful designs. In contrast to gas insulated switchgear, where LTE plasma can be assumed, the physical processes in vacuum arcs during the switching process are still not fully understood.

Although experiments are indispensable, their benefit is limited as not all quantities of interest can be accessed. With the advances in physical modeling and the increase of computational resources the numerical simulation of realistic problems yields further insight.

We present a transient 3D vacuum arc model taking into account realistic external magnetic fields. Moreover, we show the very different scales in time and space of the physical processes observed experimentally and present in the underlying model, which eventually have to be captured and solved numerically.

P 12: Theory/Modelling II

Time: Wednesday 14:30–15:40

Location: B 302

Topical Talk

P 12.1 We 14:30 B 302

PIConGPU - A scalable particle-in-cell algorithm for graphic cards — •MICHAEL BUSSMANN¹, HEIKO BURAU¹, RENÉ WIDERA², WOLFGANG HÖNIG², GUIDO JUCKELAND², ALEXANDER DEBUS¹, THOMAS KLUGE¹, ULRICH SCHRAMM¹, TOM COWAN¹, and ROLAND SAUERBREY¹ — ¹Forschungszentrum Dresden-Rossendorf e.V., D-01328 Dresden — ²Zentrum für Informationstechnologie und Hochleistungsrechnen, Technische Universität Dresden, D-01062 Dresden

We present the main features of PIConGPU, the - to our knowledge - first scalable particle-in-cell (PIC) code for relativistic laser plasma interactions written for graphical processing units (GPUs). We show that it is possible to use PIConGPU on standard compute clusters

equipped with GPUs and introduce the main features that are important to reach good weak scaling when increasing both the size of the system simulated and the number of GPUs.

P 12.2 We 14:55 B 302

Particle-in-Cell Simulationen von Mikroplasmen mit Graphics Processing Units — •MARKUS GEBHARDT, TORBEN HEMKE, ALEXANDER WOLLNY, DENIS EREMIN, RALF PETER BRINKMANN und THOMAS MUSSENBRÖCK — Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, Ruhr-Universität Bochum, Universitätsstraße 150, Deutschland

Ein wichtiges Werkzeug zur kinetischen Untersuchung technischer Plasmen sind Particle-in-Cell Simulationen. Ein Großteil der bishe-

rigen Arbeiten zu diesem Thema konzentriert sich auf den Bereich der Niederdruck-Plasmen. Mikroplasmen stellen neue Herausforderungen an Simulationswerkzeug und Theorie. Hohe Stoßfrequenzen sorgen für einen Anstieg der Simulationszeit um einige Größenordnungen. Durch den Einsatz von Graphics Processing Units zur Parallelisierung des PIC-Algorithmus lässt sich dieser Geschwindigkeitsverlust zum Teil kompensieren. In dieser Arbeit werden Konzepte und Benchmarks zur kinetischen Simulation von Mikroplasmen unter Ausnutzung von GPUs vorgestellt.

P 12.3 We 15:10 B 302

Plasma modeling for optical coating devices — •BENJAMIN SCHROEDER and RALF PETER BRINKMANN — Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl fuer Theoretische Elektrotechnik, D-44780 Bochum, Germany

In manufacturing optical layers by vapor deposition it is useful to use energetic ions to assist the deposition. By doing this, the optical properties of the coating is being controlled and improved. The energy spectrum of ions impinging the surface is a crucial factor for the growth of the film.

As such coating devices work at pressures below 0.1 Pa, diffusive fluid dynamical models can hardly be applied due to the low collisional frequencies with the background gas - typically, the mean free path is on the spatial scale of the coating device, which is approximately 1m. Yet, collisions play an important role concerning the shape

of the energy distribution. We developed a plasma beam model that comprises the most important collisional effects in this regime: charge exchange collisions and elastic collisions with the background gas to derive macroscopic features such as the electric field and charge densities. To obtain the energy distribution of the ions at the substrate, a hybrid particle simulation is being developed to determine the potential, inject beam particles with a certain energy spectrum and calculate ion-neutral collisions and the response to the electric field to describe the transport of the ions to the surface.

P 12.4 We 15:25 B 302

Radiale und axiale Dynamik einer DC-Sauerstoff-Glimmentladung — •BENJAMIN MAY und BERNDT BRUHN — Universität Greifswald

Bei der Untersuchung der positiven Säule einer DC-Sauerstoffglimmentladung treten in bestimmten Parameterregionen dynamische Wellenphänomene auf. Diese nichtlinearen Wellen entstehen aus dem homogenen Entladungszustand durch eine attachment-induzierte Instabilität für die die negativen Ionen des Sauerstoffs eine wesentliche Rolle spielen.

Grundlage für die theoretischen Untersuchungen ist ein hydrodynamisches Modell, bei dem das axiale dynamische Verhalten unabhängig von den radialen Dichteprofilverläufen untersucht wird. Die gefundenen Resultate werden mit experimentellen Ergebnissen verglichen.

P 13: Magnetic Confinement

Time: Wednesday 14:30–17:30

Location: B 305

Topical Talk

P 13.1 We 14:30 B 305

Experimental investigations of the parallel dynamics of turbulent fluctuations in the scrape-off layer of Alcator C-Mod — •OLAF GRULKE¹, JAMES L. TERRY², and BRIAN LABOMBARD² — ¹MPI for Plasma Physics, EURATOM Association, and EMA University, Greifswald — ²PSFC, MIT, Cambridge, USA

It is generally observed that spatiotemporal turbulent structures in the scrape-off layer (SOL) of tokamaks are predominantly driven in the bad curvature region around the outboard midplane. However, those structures form filaments, which are fairly well aligned with and spread along the magnetic and are thus observed over a wide poloidal region. The parallel dynamics is of special interest since it determines important reactor quantities, like first wall recycling and divertor heat load. This paper presents experimental investigations of the parallel structure and dynamics of turbulent fluctuations in the SOL of Alcator C-Mod. The experimental approach is to observe the evolution of fluctuations using a set of diagnostics, which measure simultaneously along a magnetic flux tube. The fluctuations at the outboard midplane are detected using an 9x10 array of Dalphi diode views, spanning 4cm in vertical and horizontal direction. For particular magnetic field configurations this view is magnetically connected to either a scanning probe close to the lower X-point or past the X-point to divertor probes. A comparison of the statistical properties of the fluctuations in the three different regions and their dependence on the plasma density are presented. Based on correlation investigations the timescales of the parallel propagation are extracted.

P 13.2 We 14:55 B 305

Charakterisierung und Interpretation der Edge Snake zwischen ELMs an ASDEX Upgrade — •F. SOMMER, S. GÜNTHER, A. KALLENBACH, M. MARASCHEK, J. BOOM, R. FISCHER, A. GÜDE, N. HICKS, E. WOLFRUM und ASDEX UPGRADE TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Ass., Garching

An ASDEX Upgrade wurde zwischen Type-I ELMs eine noch nicht beschriebene Instabilität am Plasmarand entdeckt, die der Core Snake ähnelt und deshalb als Edge Snake bezeichnet wurde.

Dabei handelt es sich um eine Insel mit stark abgeschnürtem Stromfaden im O-Punkt, die in die diamagnetische Elektronendriftichtung rotiert. Die Edge Snake befindet sich mit einer toroidalen Modenzahl von $n=1$ auf der $q=6$ Fläche innerhalb der Separatrix im Bereich hoher Temperatur- und Dichtegradienten.

Durch Modellierung der Magnetfeldmessung konnten die magnetischen Signale simuliert und der Strom als Defektstrom mit einer Stärke von 150 A festgelegt werden, wodurch sich eine Stromdichte von 0,2

MA/m² ergibt. Im O-Punkt der Insel bildet sich im Temperatur- und Dichtegradienten eine Abflachung, die einen deutlichen Rückgang im Druckgradienten zur Folge hat. Der dadurch reduzierte neoklassische Bootstrap Strom, dessen ungestörte Stromdichte am Rand in der gleichen Größenordnung liegt, kann den Antrieb einleuchtend begründen.

Die Edge Snake konnte durch Vergleich verschiedener Eigenschaften ähnlicher Moden an JET, DIII-D und ASDEX Upgrade, wie z.B. Lokalisation oder notwendige Plasmaszenarien, klar von diesen abgegrenzt werden.

P 13.3 We 15:10 B 305

Entwicklung von magnetischen Strukturen am Plasmarand aufgrund von rotierenden resonanten magnetischen Störfeldern — •H. STOSCHUS¹, O. SCHMITZ¹, B. UNTERBERG¹, H. FRERICHS^{1,2}, M.W. JAKUBOWSKI³, U. KRUEZI¹, U. SAMM¹, D. SCHEGA¹ und AND THE TEXTOR TEAM¹ — ¹Institut für Energieforschung - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, Assoziation EURATOM-FZ-Jülich, Trilaterales Euregio Cluster, Jülich — ²German Research School for Simulation Sciences, Jülich, Germany — ³Max Planck Institute for Plasma Physics, Association IPP-EURATOM, 17491 Greifswald, Germany

Externe resonante magnetische Störfelder (RMP) stellen für zukünftige Fusionsreaktoren wie ITER eine Methode zur Unterdrückung von Randschichtinstabilitäten (ELM) dar. Am Tokamak TEXTOR kann mit Hilfe des Dynamisch Ergodischen Divertors die Wirkung von RMP auf das Plasma untersucht werden. Der Beitrag fokussiert sich auf Messungen der Elektronendichte n_e und Temperatur T_e unter dem Einfluss von rotierenden RMP. Hierbei wird die Plasmarandschicht ($r/a > 0.9$) in n_e und T_e um 80% in Abhängigkeit der zugrunde liegenden Magnetfeldtopologie moduliert. Die lokale Magnetfeldstruktur kann experimentell durch die Phase zwischen n_e und T_e bestimmt werden. Wir zeigen Experimente mit variabler Störfeldrichtung (± 1 kHz) und somit unterschiedlicher relativer Rotationsfrequenz zwischen Plasma und RMP. Hierbei entwickelt sich die Magnetfeldstruktur mit der Störfeldamplitude nur für geringe Relativrotation entsprechend der Vakuumnäherung ohne Abschirmung des externen RMP Feldes.

P 13.4 We 15:25 B 305

Spin-up of plasma rotation by the application of rotating resonant magnetic perturbation — •TAO ZHANG, YUNFENG LIANG, ANDREAS KRÄMER-FLECKEN, YOUWEN SUN, SERGEY SOLDATOV, CHRISTOPHER WIEGMANN, and HANS RUDOLF KOSLOWSKI — Institut für Energieforschung - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, Assoziation EURATOM-FZ-Jülich, Trilaterales Euregio Cluster, Jülich

Interaction between resonant magnetic perturbation (RMP) field and plasma rotation is one of the important physics issues for the application of instability control using RMP field in next fusion devices, i.e. ITER. On TEXTOR, the Dynamic Ergodic Divertor (DED) can produce either static or rotating fields. This allows a detailed study of the influence of RMP on plasma rotation. Recent experimental results show spin-up of plasma rotation with the application of a rotating $m/n=3/1$ RMP. In ohmic discharges, v_{perp} , plasma velocity perpendicular to the field line, is accelerated in electron diamagnetic drift direction (EDD) during the application of a 5kHz RMP rotating in EDD direction. However, no clear effects on v_{perp} were observed when the RMP rotating direction changed to ion diamagnetic drift direction. Here, v_{perp} is measured by the reflectometry at the plasma edge. This result indicates that the spin up of the plasma rotation in EDD direction with a rotating RMP field on TEXTOR is mainly due to the electromagnetic torque induced by the shielding current on the rational surface. In this paper, the beta dependence of the plasma spin up effect with a rotating RMP will be also presented.

P 13.5 We 15:40 B 305

Geometrische Magnetfeldeffekte im turbulenten Transport — ●GREGOR BIRKENMEIER, PETER MANZ, BERNHARD NOLD, MIRKO RAMISCH und ULRICH STROTH — Institut für Plasmaphysik, Universität Stuttgart

Die dreidimensionale Struktur des einschließenden Magnetfeldes von toroidalen Plasmen spielt eine wichtige Rolle für die Eigenschaften der Plasmadynamik. Die Magnetfeldgeometrie beeinflusst insbesondere die Entstehung und Ausprägung der Plasmaturbulenz. Im Stellarator TJ-K können turbulente Fluktuationen im gesamten Einschlussgebiet mit Multisondenanordnungen detailliert diagnostiziert werden. Für die Interpretation der experimentellen Daten werden die relevanten Parameter der toroidalen Magnetfeldgeometrie numerisch berechnet. Größen wie Magnetfeldkrümmung und magnetische Verscherung werden den gemessenen Eigenschaften der Fluktuationen und des turbulenten Transports gegenüber gestellt. Ziel dieser Arbeit ist die Untersuchung der 3D-Struktur der Turbulenz auf einer Flussfläche. Dazu werden an zwei verschiedenen toroidalen Stellen Multisondenarrays eingesetzt, die angepasst an die Flussflächenform im poloidalen Querschnitt die poloidale Abhängigkeit von Dichte- und Potentialfluktuationen liefern. Diese Messungen zeigen erhöhte Fluktuationsamplituden und maximalen turbulenten Transport im Bereich ungünstiger Magnetfeldkrümmung.

P 13.6 We 15:55 B 305

Anormale Ionenheizung in TJ-K — ●SEBASTIAN ENGE, GREGOR BIRKENMEIER, ALF KÖHN, PETER MANZ, MIRKO RAMISCH und ULRICH STROTH — Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 31, 70569 Stuttgart

An TJ-K wurden zwei optische Diagnostiken zur Bestimmung der Ionentemperatur installiert: Laserinduzierte Fluoreszenz (LIF) als aktive Spektroskopie und ein Echelle-Spektrometer als passive Diagnostik. Beide Systeme nutzen die Doppler-Verbreiterung von Spektrallinien zur Bestimmung der Temperatur. LIF bietet eine Ortsauflösung und eine hohe spektrale und damit hohe Temporaufauflösung. Die passive Spektroskopie bietet keine Ortsauflösung, ermöglicht dafür aber Messungen bei verschiedenen Gasen. Mittels LIF wurde das Ionentemperaturprofil vermessen, während mit dem Echelle-Spektrometer mittlere Temperaturen bei verschiedenen Gasen und Drücken gemessen wurden. Die gemessenen Ionentemperaturen beider Diagnostiken stimmen gut überein. Die Temperaturen reichen von Zimmertemperatur bis ca 1 eV und zeigen einen exponentiellen Abfall mit steigendem Druck, wohingegen das Neutralgas nicht erwärmt wird.

Die Messwerte wurden zusammen mit Daten aus Sondenmessungen verwendet um eine Ionenenergiebilanz aufzustellen. Die Konvektion dominiert dabei über alle Terme, was zu einem Energiedefizit führt. Dies deutet auf einen zusätzlichen Ionenheizprozess hin. Eine Abschätzung für eine möglich turbulente Ionenheizung wird vorgestellt.

20 min. break.

P 13.7 We 16:30 B 305

Stromtriebexperimente am Stellarator WEGA — ●ENRICO CHLECHOWITZ¹, HEINRICH P. LAQUA¹, JAKUB URBAN², ANDREAS WERNER¹ und MATTHIAS OTTE¹ — ¹MPI für Plasmaphysik, 17491 Greifswald, EURATOM Ass. — ²IPP, Prag, EURATOM Ass.

Die Kenntnis über den vorherrschenden Plasmastrom ist für die gewünschte Magnetfeldkonfiguration eines Tokamaks wie auch Stellara-

tor essentiell. Hierbei lässt sich durch Anpassung dieses Stromes eine gezielte Variation der Magnetfeldlinienverscherung vornehmen. Die gemessene Spannung an der Rogowskispule, ein Solenoid, der sich poloidal um das Plasma windet, stellt die Magnetfeldänderung, resultierend aus einer Stromänderung, dar. Für die notwendige Integration des Signals wurde ein für W7-X neu entworfener digitaler Integrator, basierend auf einer gepochten Eingangsstufe und einer digitalen Integration, verwendet. Die Stromänderung bei der Modenkonzersion einer elektromagnetischen Welle, emittiert durch ein 28 GHz Gyrotron (10 kW), zu einer elektrostatischen Bernsteinwelle (EBW) wurde in Plasmen bei einer Feldstärke von 0.5 T untersucht. Die erzielten Ergebnisse hinsichtlich der Propagation der EBW im Plasma unter Berücksichtigung mit Langmuirsonden gemessener Dichteprofile konnten mit Ray-Tracing-Berechnungen verifiziert werden. Im Wasserstoffplasma konnten Ströme im kA-Bereich bei zusätzlicher Verwendung einer nichtresonanten Heizung mittels zweier 2,45 GHz Magnetrons (20 + 6 kW) gemessen werden. Ferner war es möglich mit Hilfe eines 5-Arm-Transformator sowie den vorhandenen Vertikalfeldspulen den Plasmastrom zusätzlich zu verstärken beziehungsweise abzuschwächen.

P 13.8 We 16:45 B 305

Magnetic field lines tracing for ITER ELM control coils — ●R. LAENGER¹, O. SCHMITZ¹, M. BECOULET², T. EVANS³, H. FRERICHS⁴, U. SAMM¹, and M. SCHAFFER³ — ¹Institut für Energieforschung - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, Assoziation EURATOM-FZ-Jülich, Trilaterales Euregio Cluster, Jülich — ²Association EURATOM-CEA, Centre de Cadarache — ³General Atomics, San Diego, CA, USA — ⁴German Research School for Simulation Sciences, Jülich, Germany

For the mitigation of high, transient heat and particle fluxes caused by Edge Localized Modes (ELMs), magnetic perturbation coils are planned at the next step fusion experiment ITER. These coils generate an external magnetic perturbation field with a resonant alignment to the field line pitch angle in the plasma edge, breaking the axisymmetry of the tokamak. In this contribution, a detailed study of the new three-dimensional magnetic boundary, computed from vacuum field line tracing, is shown. Analysis of the perturbed system with Poincaré plots and modeling of the field line connection length shows that a system evolves which is very similar to the stochastic boundary applied at the DIII-D tokamak for complete ELM suppression [T.E.Evans et al., Nature Phys. 2, 419 (2006)]. The open field line region intersects the divertor target in ITER in a helical pattern which will determine a non-axisymmetric heat and particle fluxes. The magnetic footprint geometry will be presented for a standard, inductive plasma setup as well as for a high magnetic shear, steady state scenario and discussed with particular reference to recent ITER divertor design reviews.

P 13.9 We 17:00 B 305

Spektral aufgelöster 'Motional Stark Effekt' am ASDEX Upgrade — ●RENÉ REIMER¹, ANDREAS DINKLAGE¹, JÖRG HOBIRK², MATTHIAS REICH² und ROBERT WOLF¹ — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Wendelsteinstr. 1, 17491 Greifswald — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Boltzmannstr. 2, 85748 Garching

Das MHD Gleichgewicht in einem magnetisch eingeschlossenen Fusionsplasma wird neben den Plasmaströmen von der Druckverteilung bestimmt. Der Plasmadiamagnetismus bewirkt eine Erniedrigung des Magnetfeldes bei einer Erhöhung des Plasmadruckes. Dieser Effekt kann über die Emission von injizierten hochenergetischen Neutralteilchen gemessen werden. Ausgenutzt wird die Linienaufspaltung der Strahlteilchen durch den sogenannten 'Motional Stark Effekt' (MSE). Eine Änderung des toroidalen Magnetfeldes infolge des diamagnetischen Effekts ergibt eine Änderung des resultierenden Stark-Multipletts. Ziel ist es am Tokamak ASDEX Upgrade ein diagnostisches Werkzeug bereitzustellen, mit dessen Hilfe der Gesamtdruck unter Berücksichtigung der schnellen Ionen ermittelt werden kann. Erste Messungen werden vorgestellt und Detektionsgrenzen anhand der gewonnenen Resultate dargestellt. Die Rekonstruktion des MHD-Gleichgewichts mit den Ergebnissen der spektral aufgelösten MSE werden diskutiert.

P 13.10 We 17:15 B 305

Investigation of passive edge emission at ASDEX Upgrade — ●ELEONORA VIEZZER, THOMAS PÜTTERICH, RALPH DUX, BENEDIKT GEIGER, ARNE KALLENBACH, RACHAEL McDERMOTT, DIRK WÜNDERLICH, and ASDEX UPGRADE TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, Boltzmannstr. 2, D-85748 Garching

The spectral lines emitted in the plasma edge of ASDEX Upgrade blend with the spectra of the active charge exchange recombination spectroscopy (CXRS) measurements. The latter give information on plasma rotation, ion temperature and impurity density and therefore, CXRS is used as a standard diagnostic in magnetic confinement fusion. Quantifying the passive edge component is important for the distinction between the active and the passive signal. Additionally, the passive component itself enables insight into the processes occurring in the plasma edge. A model to describe the passive edge emission of spectral lines at ASDEX Upgrade has been developed. Dedicated

experiments have been analyzed and the line-of-sight integrated measurements have been deconvoluted by forward modelling. The obtained radial emissivity profiles have been compared with the radiation simulated by the 1-D transport code STRAHL in order to quantify the contribution of electron impact excitation and thermal charge exchange (tcx), which are the main processes of the passive emission lines. For the quantification of the tcx emission, a neutral H density profile has been determined by the analysis of the H_γ emission and Monte-Carlo modelling using KN1D.

P 14: Miscellaneous

Time: Wednesday 16:30–18:15

Location: B 302

P 14.1 We 16:30 B 302

Energy loss of heavy ions in directly and indirectly laser-generated plasma — ●ALEXANDER FRANK¹, DENNIS SCHUMACHER¹, ABEL BLAZEVIC², THOMAS HESSLING², WITOLD CAYZAC¹, GABRIEL SCHAUMANN¹, GREGOR SCHIWIETZ³, PEDRO LUIS GRANDE⁴, ANNA TAUSCHWITZ⁵, MIKHAIL BASKO⁶, JOACHIM MARUHN⁵, and MARKUS ROTH¹ — ¹TU Darmstadt — ²Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung — ³Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie — ⁴Universidade Federal do Rio Grande do Sul — ⁵Universität Frankfurt — ⁶ITEP, Moscow

At GSI there are two approaches for investigating the interaction of swift ions penetrating laser-generated plasma. One is to create the plasma by direct irradiation of a thin carbon foil. This scheme produces high plasma temperatures and hence high ionization degrees. The second approach uses a gold hohlraum as an x-ray converter target to achieve a volumetric heating of the target foil and hence a greater homogeneity of the plasma parameters. We present an overview on recent results and developments of beam plasma interaction studied with an Ca ion beam. A new spectrometer based on CVD diamond was developed for measuring the projectile charge states exiting the plasma target and energy loss. The results are compared with theoretical predictions based on modified charge transfer cross section calculation routines of ETACHA and a modified version of the CasP code. Furthermore time-resolved and time-integrated hohlraum spectra are presented in this talk and different target schemes for ion-plasma interaction experiments are presented.

P 14.2 We 16:45 B 302

Efficient ion acceleration in the laser transparency regime — ●SVEN STEINKE¹, ANDREAS HENIG², MATTHIAS SCHNÜRER¹, THOMAS SOKOLLIK¹, RAINER HÖRLEIN², DANIEL KIEFER², XUEQING YAN^{2,3}, TOSHIKI TAJIMA^{2,4}, PETER NICKLES¹, WOLFGANG SANDNER¹, and DIETRICH HABS² — ¹Max Born Institut, Max Born Str. 2a, D-12489 Berlin, Germany — ²Max-Planck-Institut fuer Quantenoptik, D-85748 Garching, Germany — ³State Key Lab of Nuclear Physics and Technology, Beijing University, 100871, Beijing, China — ⁴Photomedical Research Center, JAEA, Kyoto, Japan

Experiments on ion acceleration from ultra-thin diamond-like carbon (DLC) foils with thicknesses below the skin depth (i.e. transparent), irradiated by ultra-high contrast laser pulses are presented. A maximum energy of 13MeV for protons and 71MeV for carbon ions is observed with an overall energy conversion efficiency of $\sim 10\%$. The increase in ion energies can be attributed to a dominantly collective rather than thermal motion of the foil electrons leading to an observed reduction in electron heating and in case of circular polarization to a pronounced peak in the C^{6+} spectrum. Two-dimensional particle-in-cell (PIC) simulations reveal that those C^{6+} ions are for the first time dominantly accelerated by the laser radiation pressure.

P 14.3 We 17:00 B 302

Divergence optimized targets for laser proton acceleration — ●OLIVER DEPPERT¹, KNUT HARRES¹, FRANK NÜRNBERG¹, GABRIEL SCHAUMANN¹, MARIUS SCHOLLMEIER², and MARKUS ROTH¹ — ¹Institut für Kernphysik, Technische Universität Darmstadt, Germany — ²Sandia National Laboratories, Albuquerque, USA

The irradiation of thin metal foils by an ultra-intense, relativistic laser pulse leads to the generation of a highly laminar, high intense proton beam accelerated from the target rear side by the TNSA mechanism. This kind of acceleration mechanism strongly depends on the geometry

of the target. The acceleration originates from the formation of a Gaussian-like electron sheath at the rear side of the target leading to an electric field in the order of TV/m. This sheath field-ionizes the target rear side instantaneously and therefore is able to accelerate predominantly protons from a hydrogen contamination layer. The sheath adds an energy dependent divergence to the local beam profile. For further applications it is essential to reduce the divergence already from the "source" of the acceleration process. Therefore numerical simulations were performed with the PIC-Code PSC in order to optimize the proton acceleration with respect to beam divergence. The results lead to the design of three different target geometries. The targets consist of a hemispherical, proton focusing part and a cone-like top part for collimation. Both, the results from the simulations and the technique of fabrication such sub-millimeter to μm targets will be presented. Finally, the results from the experimental campaign at the PHELIX laser system will be compared with the numerical calculations.

P 14.4 We 17:15 B 302

Water micro droplets for generation of mono energetic — ●JENS POLZ^{1,2}, SVEN HERZER^{1,2}, WOLFGANG ZIEGLER^{1,2}, OLIVER JÄCKEL^{1,2}, and MALTE KALUZA^{1,2} — ¹Institut für Optik und Quantenelektronik, Friedrich-Schiller-Universität, 07743 Jena, Germany — ²Helmholtz Institut Jena, Friedrich-Schiller-Universität, 07743 Jena, Germany

Laser ion acceleration with Tera- and Petawatt class lasers has been studied for more than a decade. The dominant acceleration mechanism is target normal sheath acceleration. The maximum achievable ion energy is limited by the laser and the obtained energy spectra show a quasi-thermal distribution. It is highly desirable to increase the maximum ion energies and to be able to spectrally shape the energy distribution of the accelerated ions.

Using micro droplet targets provides us with the unique advantage of combining mass limitation corresponding to a field strength enhancement and spectral shaping making use of the confined TNSA process. Charge separation effects in the expanding ion beam containing at least two ion species enable the formation of non-thermal features in the spectrum.

The experiment presented here shows that water micro droplet targets can be used to generate spectrally modulated ion beams with increased maximum energy. In contrast to previous experiments, we were able to obtain non thermal energy spectra with a reliability increased to more than 50%.

P 14.5 We 17:30 B 302

X-Ray Thomson Scattering from warm dense carbon isochorically heated by laser-generated protons — ●ALEXANDER PELKA¹, MARK GÜNTHER¹, KNUT HARRES¹, ANKE OTTEN¹, MARKUS ROTH¹, GABRIEL SCHAUMANN¹, ANNA TAUSCHWITZ², GIANLUCA GREGORI³, DIRK GERICKE⁴, SIEGFRIED GLENZER⁵, ANDREA KRITCHER⁵, and MARIUS SCHOLLMEIER⁶ — ¹Technische Universität Darmstadt — ²Gesellschaft für Schwerionenforschung, Darmstadt — ³University of Oxford — ⁴University of Warwick — ⁵Lawrence Livermore National Laboratory, Livermore — ⁶Sandia National Laboratory, Albuquerque

We demonstrate X-ray Thomson Scattering from warm, dense, volumetrically heated matter. An intense, ultrashort proton beam, generated by a high-intensity short-pulse laser via Target Normal Sheath Acceleration is used to heat a carbon sample to temperatures of a few thousand Kelvin. A second short pulse laser is then used to generate a short-lived (several 10 ps) bright source of 4.75 keV Ti He-alpha ra-

diation for x-ray scattering. The scattered photons are detected with a spectrometer using a curved HOPG crystal in von Hamos geometry positioned at 90° . Due to the exponential energy distribution of the protons and the resulting depth dependency of the temperature a relatively wide range of temperatures up to 0.4 eV at constant densities could be accessed. Both the duration of heating and scattering are short compared to hydrodynamic processes in the target, allowing expansion to be neglected. The presented method allows the investigation of the EOS of isochorically heated carbon near its melting point.

P 14.6 We 17:45 B 302

Catalytic Conversion of Biogas to Synthesis Gas in a Fluidised Bed Reactor Supported by a DBD — ●THORSTEN KROKER¹, TORSTEN KOLB¹, ANDREAS SCHENK¹, KARL-HEINZ GERICKE¹, MICHAL MŁOTEK², KRZYSZTOF KRAWCZYK², and KRZYSZTOF SCHMIDT-SZAŁOWSKI² — ¹Institute of Physical and Theoretical Chemistry Braunschweig, 38106, Germany — ²Warsaw University of Technology, Faculty of Chemistry ul. Noakowskiego 3, 00-664 Warszawa

The catalytic conversion of the greenhouse gases methane and carbon dioxide was studied in a fluidized bed reactor supported by a RF driven dielectric barrier discharge. The discharge was realized in a coaxial DBD-reactor, driven by a 13.56 MHz power supply unit. Several catalysts powder Pd, Cu, Ag carried by Al₂O₃, were used supported by a heating system to control the temperature of the catalyst. The mixture of 60% methane and 40% carbon dioxide in Helium as carrier gas was investigated, because it is the average composition of the main components of biogas. The aim was to test whether the biogas composition could be used for the production of synthesis gas. The

influence of power rates, catalysts and the temperature of the catalysts on the product yield were studied. The reaction was monitored online by quadrupole mass spectroscopy and infrared spectroscopy supported by a White-cell. The H₂/CO ratio could be influenced by using a catalyst and was found in a area from 1.6 without a catalyst and up to 2.0 by using a Palladium catalyst. The process is highly selective for the hydrogen production (up to 75%, by using the Palladium catalyst).

P 14.7 We 18:00 B 302

Schaltlichtbögen - Vergleichbarkeit von Simulation und Experiment — ●SYLVIO KOSSE und ANDREAS HAUSER — Siemens AG, Corporate Technology, D-91058 Erlangen

In der Entwicklung und Konstruktion von Schaltgeräten aller Spannungsebenen gewinnt der Einsatz von Simulationen, insbesondere die Simulation von Schaltlichtbögen, mehr und mehr an Bedeutung. Durch die Verfügbarkeit nutzerfreundlicher kommerzieller Software-Pakete können die mathematischen Gleichungen, die der Lichtbogensimulation zu Grunde liegen, zeitabhängig und in 3D in angemessener Zeit gelöst werden. Verfügbare experimentelle Werte für die Größen Druck, Lichtbogenspannung und Lichtbogenstrom sind leicht mit den Simulationsergebnissen vergleichbar.

Für die Visualisierung des Lichtbogens bzw. des Lichtbogenlaufs vergleichen verschiedene Autoren Temperatur- oder Stromdichteverteilungen aus der Simulation mit Aufnahmen von Hochgeschwindigkeitskameras. Die Kameras detektieren jedoch weder Temperaturen direkt noch Stromdichten, sondern lediglich Strahlungsintensitäten in einem bestimmten kameraspezifischen Spektralbereich.

In diesem Beitrag werden verschiedene Methoden vorgestellt und diskutiert, wie Lichtbögen visualisiert werden können, um experimentelle Ergebnisse und Simulationen richtig vergleichen zu können.

P 15: Invited Talks Mayer, Liang, Wolfrum, Schulz-von der Gathen

Time: Thursday 11:00–13:00

Location: B 305

Invited Talk

P 15.1 Th 11:00 B 305

Hydrogen retention in tungsten - from laboratory experiments to ITER — ●MATEJ MAYER, OLGA OGORODNIKOVA, VOLKER ROHDE, JOACHIM ROTH, PWI TEAM, and ASDEX UPGRADE TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, Garching, Germany

ITER will use deuterium and tritium as fusion fuels. Both hydrogen isotopes can be retained in plasma-facing materials by implantation, diffusion, and co-deposition with eroded material. The accumulation of tritium is an important safety concern for ITER due to its radioactivity, and the maximum amount of tritium in the vessel is restricted.

A decrease of the retained hydrogen inventory by about one order of magnitude could be demonstrated at ASDEX Upgrade by replacing all plasma-facing components made from carbon by tungsten. Laboratory experiments on hydrogen retention in and permeation through tungsten allow a detailed understanding of the physics of hydrogen behavior in tungsten. Implanted hydrogen atoms can diffuse and are trapped in natural and ion induced defects. Plastic deformations of the tungsten material due to hydrogen accumulation are observed at high fluences.

The combination of laboratory and tokamak data allows a reliable extrapolation to hydrogen retention in ITER, which can be significantly reduced by replacing carbon by tungsten.

Invited Talk

P 15.2 Th 11:30 B 305

Active control of tokamak instabilities by resonant magnetic perturbations — ●YUNFENG LIANG — Forschungszentrum Jülich GmbH, Association EURATOM-FZ Jülich, Institut für Energieforschung - Plasmaphysik, Trilateral Euregio Cluster, D-52425 Jülich, Germany

The standard tokamak H-mode, which is foreseen as the ITER baseline operating scenario, is characterised by a steep plasma pressure gradient and associated increased current density at the edge transport barrier which exceeds a threshold value to drive magnetohydrodynamic (MHD) instabilities referred to as Edge Localized Modes (ELMs). The so-called Type-I ELMs lead to a periodic expulsion of a considerable fraction of the stored energy content onto the plasma facing components. The associated transient heat loads might cause excess erosion and lead to a strong reduction of the plasma facing components life-

time. Active control of ELMs by resonant magnetic perturbation fields offers an attractive method for ITER. D-III D has shown that type-I ELMs are completely suppressed when $n = 3$ magnetic perturbations are applied. On JET, the type-I ELM frequency rises by a factor of about 4-5 when a low n (1, 2) field is applied. The frequency of the mitigated ELMs is proportional to the input heating power similarly to type-I ELMs, but the controlled ELMs have a higher frequency and are smaller in amplitude. In this paper, an overview of the influence on the plasma confinement and key physics issues related to ELM control with magnetic perturbation fields is given.

Invited Talk

P 15.3 Th 12:00 B 305

The latest experimental results for the edge transport barrier in tokamaks — ●ELISABETH WOLFRUM, BERND WIELAND, PHILIP SCHNEIDER, ANDREAS BURCKHART, BERND KURZAN, RAINER FISCHER, THOMAS PUETTERICH, and ASDEX UPGRADE TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM, Boltzmannstr. 2, 85748 Garching, Deutschland

Improvements to edge diagnostics in terms of spatial and temporal resolution allow a more detailed look at the edge transport barrier, which determines not only the performance in the core of an H-mode (high confinement mode) plasma but also the processes in the region outside the last closed flux surface.

The profiles of electron density, electron and ion temperature, toroidal velocity as well as of the radial electric field show a narrow edge transport barrier, approximately the same width as one poloidal gyroradius. While the electron temperature width changes with plasma pressure, the electron density width does not. The radial electric field exhibits a minimum at the position of the maximum of the ratio of pressure gradient and density, which is in accordance with the radial force balance equation, provided that the perpendicular fluid velocity is small.

An investigation of the temporal development of electron density and temperature profiles in between ELMs, reveals different phases, in which various transport mechanisms dominate. It can be shown, that the gradients of density and temperature develop on different time scales, but influence each other.

Invited Talk

P 15.4 Th 12:30 B 305

Physik der Mikroplasmen — ●VOLKER SCHULZ-VON DER GA-

THEN — Institut für Experimentalphysik II, Ruhr-Universität Bochum, 44801 Bochum

Mikroplasmen haben in jüngster Vergangenheit aufgrund ihrer Anwendungsmöglichkeiten hohe Aufmerksamkeit erregt. Mikroplasmen werden bei Atmosphärendruck betrieben und haben typische Abmessungen von einigen 10 bis 1000 Mikrometern. Sie sind stark durch Stöße bestimmt. Dennoch haben sie einen ausgeprägten Nicht-Gleichgewichtscharakter mit hohen Elektronen- aber geringen Gastemperaturen, der durch den Einschluss in kleinen Volumina begünstigt wird. Aufgrund ihrer Dimensionen sind in Mikroplasmen u.a. die Leistungsdichten enorm hoch und es treten sehr hohe elektrische Felder nahe der Oberfläche auf. Die Plasma-Oberflächen- Wechselwirkung ist sehr intensiv.

Die Debyelänge schrumpft auf ca. 1 μm , die mittleren freien Weglängen der Spezies sind sehr klein und die Systeme neigen zur Ausbildung von Instabilitäten.

In diesem Beitrag werden an Hand ausgewählter Mikroplasma-Konfigurationen Untersuchungen zum besseren Verständnis ihrer komplexen Dynamik, dem zeit- und ortsabhängigen Transport von Energie, Strahlung und reaktiven Spezies sowie der Plasma-Oberflächen- Wechselwirkung diskutiert. In diesem Zusammenhang werden auch die auf hohe Orts- und Zeitaufösung ausgelegten und mit theoretischer Modellierung kombinierten Diagnostikverfahren vorgestellt.

Die vorgestellten Arbeiten werden im Wesentlichen innerhalb der Forschergruppe FOR1123 "Physik der Mikroplasmen" durchgeführt.

P 16: Plasma-Wall Interaction

Time: Thursday 14:15–15:55

Location: B 302

Topical Talk

P 16.1 Th 14:15 B 302

Modelling of impurity deposition in gaps of castellated structures in TEXTOR with the 3DGap code — ●D. MATVEEV^{1,2}, A. KIRSCHNER², A. LITNOVSKY², A. KRETER², P. WIENHOLD², D. BORODIN², and G. VAN OOST¹ — ¹Department of Applied Physics, Ghent University, Ghent, Belgium — ²Institut fuer Energieforschung - Plasmaphysik, Forschungszentrum Juelich GmbH, Association EURATOM-FZJ, Trilateral Euregio Cluster, Juelich

In fusion devices, fuel-rich redeposited layers are formed on plasma shadowed areas and especially in narrow gaps between surface tiles. The Monte-Carlo neutral transport code 3DGap has been developed to study impurity deposition in such gaps. Coupling with Particle-in-Cell simulations allows accounting for plasma penetration into the gaps. The code is applied to study carbon deposition in gaps of the ITER-like castellated test limiter (CTL) and between tiles of the toroidal belt limiter ALT-II of TEXTOR. In case of CTL, the deposition on gap sides can be quantitatively reproduced. However, certain discrepancies remain for the gap bottom. Similarly, deposition at side walls and at the bottom was observed in ALT-II gaps. In this experiment, boronization and normal plasma operation phases were alternated. Atomic ratio boron/carbon of about 3 in the deposit at the bottom in gaps was measured, while carbon dominates deposition near the gap entrance. This issue will be addressed together with the poloidal-toroidal asymmetry of carbon deposition in gaps.

P 16.2 Th 14:40 B 302

Wärmefflüsse in TEXTOR Disruptionen — ●N. BAUMGARTEN¹, S.A. BOZHENKOV², M.W. JAKUBOWSKI², M. LEHNEN¹, T. MÖLLER³, D. REITER¹, U. SAMM¹ und DAS TEXTOR TEAM¹ — ¹Institut für Energieforschung - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, Assoziation EURATOM-FZ-Jülich, Trilaterales Euregio Cluster, Jülich — ²MPI für Plasma Physik, EURATOM Association, Greifswald — ³Technische Universität Berlin

Aufgrund von Instabilitäten im Tokamakplasma entstehende schnelle Stromabrisse (Disruptionen) haben zur Folge, dass in kürzester Zeit die gesamte thermische und magnetische Energie im Plasma verloren geht. Sie stellen aufgrund der hohen Wärmelasten eine Einschränkung der Lebensdauer der Wandmaterialien dar. Dies gilt insbesondere für den geplanten Experimentalreaktor ITER, in dem eine Energiebeaufschlagung der Wandkomponenten von über 20MJ/m² entstehen könnte. Mit Hilfe eines schnellen Ventils (Disruption Mitigation Valve) können durch Einlass großer Gasmengen Disruptionen abgeschwächt werden. Die Analyse der Wärmefflüsse auf den toroidalen Limiter in TEXTOR Disruptionen ist Gegenstand der Präsentation. Hierbei wurden Messungen mit einer schnellen Infrarotkamera vorgenommen und die durch Gaseinlass induzierten Disruptionen mit Referenzdisruptionen verglichen. Darüber hinaus wurde die in Experimenten mit Divertor beobachtete Verbreiterung der vom Plasma benetzten Fläche in Limiterkonfiguration untersucht. Diese ist für die Lebensdauer der Divertor-/Limitermaterialien von Vorteil, da sich der hohe Wärmeffluss so auf eine größere Fläche verteilt.

P 16.3 Th 14:55 B 302

Influence of erosion on optical properties of diagnostic mirrors for ITER depending on their material and manufacturing technique — ●MARIA MATVEEVA¹, ANDREY LITNOVSKY¹, LAURENT MAROT², BARAN EREN², VOLKER PHILIPPS¹, and ULRICH SAMM¹

— ¹Institut für Energieforschung - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, Association EURATOM-FZJ, Trilateral Euregio Cluster, Jülich, Germany — ²Department of Physics, University of Basel, Basel, Switzerland

Metallic mirrors will be used as plasma-viewing elements for all optical diagnostics of ITER. Erosion can drastically increase the roughness of mirrors deteriorating their reflectivity. To investigate the different candidate materials for ITER mirrors under erosion conditions, experiments were carried out in TEXTOR tokamak. Single crystal molybdenum mirrors, rhodium- and molybdenum-coated mirrors on different substrates were exposed in edge plasmas. In previous experiments all mirrors demonstrated acceptable performance under erosion conditions at elevated temperature of 350°C-570°C: overall changes in reflectivity did not exceed 4% in the wavelength range 250-2500 nm. However, observed defects of molybdenum and rhodium coatings called for improvement of the coating technique. In the new experiment another concept of rhodium coating on tungsten was tested allowing the exposure at the temperatures about 800°C. Detailed results of the experiments will be presented in this contribution as well as an assessment of applicability of studied mirror concepts in ITER diagnostics.

P 16.4 Th 15:10 B 302

Laserablation zur in-situ Charakterisierung der Tokamakwand — ●N. GIERSE^{1,2}, S. BREZINSEK¹, T. F. GIESEN², A. HUBER¹, O. KARGER^{1,3}, V. PHILIPPS¹, U. SAMM¹ und B. SCHWEER¹ — ¹Institut für Energieforschung - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, EURATOM Association, Trilateral Euregio Cluster, Jülich — ²I. Physikalisches Institut, Universität zu Köln — ³Heinrich-Heine-Universität, Düsseldorf

Laserstrahlung mit hoher Leistungsdichte führt zu einer schnellen Erhitzung der getroffenen Oberfläche, bei der sich ein Plasma mit kurzer Lebensdauer bildet. Dieser als Ablation bezeichnete Prozess wird im Hinblick auf seine Verwendbarkeit zur in-situ, orts- und zeitaufgelösten Charakterisierung der im Betrieb entstehenden dünnen Schichten auf der ersten Wand eines Tokamaks untersucht.

In unseren Laborstudien wird hierfür die Leistungsdichte eines 20 ns Rubinlasers auf Kohlenstoff (EK98) und a-C:H-Schichten auf Wolfram variiert. Der Ablationsprozess wird simultan mittels optischer Spektroskopie zeitintegriert, mittels Quadrupolmassenspektroskopie zeitaufgelöst sowie post-mortem untersucht. Die Menge des ablatierten Materials stagniert ab einer Leistungsdichte von 10 J/cm² bei 80 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$. Bei höheren Leistungsdichten werden die Fluktuationen des spektroskopischen Signales geringer (6,8% Fluktuation der 426,7 nm CII Linie bei 15 J/cm² gegenüber 80% Fluktuation bei 3,5 J/cm²). Ionen erreichen Energien von ≈ 30 eV, Neutralteilchen nur wenige eV. Weitere Ergebnisse werden präsentiert. Ein geeignetes Ablationsregime und die geplante Anwendung in TEXTOR wird vorgestellt.

P 16.5 Th 15:25 B 302

Laserinduzierte Messungen der Wasserstoffrückhaltung in Wänden des Tokamaks TEXTOR — ●MIROSLAW ZLOBINSKI, VOLKER PHILIPPS, BERND SCHWEER, ALEXANDER HUBER, HANS GÜNTER ESSER, CHRISTIAN SCHULZ, SEBASTIAN BREZINSEK, ULRICH SAMM und DAS TEXTOR TEAM — Forschungszentrum Jülich GmbH, Institut für Energieforschung (IEF-4): Plasmaphysik, Assoziation EURATOM-FZJ, Partner im Trilateralen Euregio Cluster, 52425 Jülich

Die laserinduzierte Desorptionsspektroskopie (LIDS) wird als in-situ Tritiumdiagnostik für zukünftige Fusionsanlagen wie ITER entwickelt. In diesem Beitrag wird vorgestellt, wie im FZ Jülich mit einem Hochenergielaser (bis zu 60 J/Puls) der Wasserstoffgehalt (H, D) von Wandkomponenten in der Fusionsforschung untersucht wird.

Dabei ermöglicht der Einsatz von Lasern eine Verfeinerung der traditionellen Methode der thermischen Desorption zu räumlich und zeitlich aufgelösten Inventarmessungen sogar während des Plasmabetriebs. Ziel ist die Beschreibung der räumlichen Verteilung und der zeitlichen Entwicklung des Wasserstoffinventars in verschiedenen Wandmaterialien (Grafit, Karbonfasern, Wolfram etc.) und aufwachsenden Schichten.

P 16.6 Th 15:40 B 302

Bestimmung des S/XB -Verhältnisses für WI und WII mittels WF_6 -Injektion — ●MARKO LAENGNER, SEBASTIAN BREZINSEK, JAN WILLEM COENEN, ALBRECHT POSPIESZCZYK, VOLKER PHILIPPS und ULRICH SAMM — Institut für Energieforschung - Plasmaphy-

sik, Forschungszentrum Jülich GmbH, Assoziation EURATOM-FZJ, Trilaterales Euregio Cluster, Jülich

Zur Bestimmung der Wolframerosion an plasmabegrenzenden Elementen in Fusionsexperimenten sollen die Emissionslinien von neutralem (WI) und einfach ionisiertem Wolfram (WII) zum spektroskopischen Nachweis genutzt werden. Bei bekanntem Verhältnis S/XB , also der Rate ionisierter Atome S zur Rate mit der Wahrscheinlichkeit B angeregter Atome X , kann durch Messung des Photonenflusses auf den Teilchenfluss geschlossen werden. Zur Bestimmung dieses Faktors S/XB wurde im Tokamak TEXTOR eine definierte Menge an WF_6 in das Randschichtplasma injiziert und die dabei gemessene und über ein Volumen integrierte Photonenanzahl unterschiedlicher Übergänge im sichtbaren Bereich bestimmt. Die Erosionsflüsse wurden mit der Referenz für WI bei einer Wellenlänge von 400.8 nm in Relation gesetzt und die so experimentell bestimmten Verhältnisse mit einem reduzierten Stoss-Strahlungsmodell (GKU Code) verglichen.

P 17: Low Temperature Plasmas II

Time: Thursday 14:15–15:50

Location: B 305

Topical Talk P 17.1 Th 14:15 B 305
Wechselwirkung von Stromfilamenten in einer planaren Wechselspannungsentladung — ●LARS STOLLENWERK — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart

In einer planaren, dielektrischen Barrierentladung (DBD) mit sehr kurzem Entladungsabstand und sehr großer Elektrodenfläche wird eine Glimmentladung in Helium gezündet. Aufgrund des großen Aspektverhältnisses bilden sich einzelne Stromfilamente. Diese Filamente können sich bei geeigneter Parameterwahl regelmäßig anordnen oder erratisch umherlaufen. Im Falle umherlaufender Filamente kommt es immer wieder zu Kollisionen, bei denen üblicherweise einer der Stoßpartner vernichtet wird.

In dieser Arbeit wird der Wechselwirkungsvorgang zweier Filamente näher untersucht. Dazu wird mit einem elektrooptischen Kristall auch die Oberflächenladungsverteilung, die als Gedächtnis zwischen den Durchbrüchen in der DBD wirkt, beobachtet. Neben dem bloßen Abbild des Durchbruchs, wie er in der Leuchtdichteverteilung beobachtet wird, zeigt sich in der negativen Ladungsverteilung ein zusätzlicher Ladungsring um das einzelne Filament. Die sich dabei ergebende innere Struktur des Filaments kann mit verschiedenen Situationen des Wechselwirkungsvorgangs in Zusammenhang gebracht werden.

Topical Talk P 17.2 Th 14:40 B 305
Simulation of a thin cathode discharge in argon at high pressures — ●SEBASTIAN MOHR, BEILEI DU, DIRK LUGGENHÖLSCHER, and UWE CZARNETZKI — Institut für Plasma- und Atomphysik, RUB

A thin cathode discharge consists of two electrodes separated by a dielectric layer with a thickness of ca. 100 μm . While the anode can have essentially an arbitrary width, the cathode has to be thin in order to ensure a high current density (100 μm in our case). The discharge burns in a hole of 200 μm diameter that penetrates this „sandwich“. When such a device is operated with a DC supply voltage at pressures of several 100 hPa, it shows a self-pulsing behavior. Electrical measurements and CCD-images indicate, that this can be explained by the repeated ignition of a short-living arc discharge at the edge of the hole. Due to the high pressure and the related high collision frequencies, the afterglow of this discharge was expected to last several 10 ns. Instead, lifetimes of several 100 ns were observed. In order to identify the mechanisms responsible for this long-living afterglow, a kinetic model of the afterglow was developed. As a result, Penning-ionisation and superelastic collisions with metastables and excimers were found to play a crucial role in heating the electrons. Furthermore, the gas temperature has a significant influence on the lifetime of the afterglow.

P 17.3 Th 15:05 B 305

Spatio-temporal Development of a Surface Barrier Discharge at Atmospheric Pressure in Air — ●HELGE GROSCH, TOMÁŠ HODER, RONNY BRANDENBURG, and KLAUS-DIETER WELTMANN — INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald, Germany
Surface barrier discharges (SBDs) have a large field of application. They are used for pollution control, surface treatment. In recent years biomedical applications or their use as gas flow actuators and attenua-

tors is under intensive study worldwide. Similar as in classical barrier discharges the plasma of a SBD in air consist of single microdischarges (MDs). In order to study the MD development a special SBD arrangement consisting of two needle electrodes in an asymmetric set-up on opposite sides of a 0.6 mm alumina plate was prepared. SBD was driven by a sinusoidal voltage of several kV in dry air at atmospheric pressure. The spatial and temporal development was measured with the cross-correlation-spectroscopy (CCS) and an iCCD camera equipped with a far field microscope. The CCS apparatus is characterized by a high spatial and temporal resolution (0.01 ns and 0.01 mm) as well as reasonable spectral resolution. For the first time the development of a single filament can be shown for both polarities of the SDB. In both polarities a surface ionizing waves starting from the exposed needle electrode are observed and their velocities are discussed.

P 17.4 Th 15:20 B 305

Vortex Created by Plasma Actuator — EDUARD SON¹ and ●DMITRY TERESHONOK² — ¹Institute of High Temperature, Moscow, Russia — ²Moscow Institute of Physics and Technology, Dolgoprudny, Moscow Region, Russia

In the paper plasma flow control is presented. Flow control can be performed by four types of actuators - mechanical, acoustical, thermal and plasma. Last two actuators have an advantages to mechanical and acoustical: quick response, usability, absence of mechanical appliances. Plasma actuator produces the vorticity by interaction of the total electric field and space charge gradient. The vorticity of the thermal actuator are created by vectors production of pressure gradient and temperature. A plasma and thermal vorticity produced by electric discharge on the surface is proved by experimentally. Theoretical analysis of an atmospheric electric discharge shows that problem can be splitted on plasma and hydrodynamics equations because all processes can be divided into 3 types - fast, slow and residual time order. Electron distribution function is found from solution of Boltzmann equation two-term approximation with elastic and inelastic processes - excitation of rotation, vibration, electronic molecular states, dissociation, direct ionization. Crossection of processes are taken from overview last years. After the calculation of a different constant rates in plasma discharge vortex generation has been modeled.

P 17.5 Th 15:35 B 305

The Plasma Boundary Sheath as a Nonlinear Element — ●ABD ELFATTAH TAHA ELGENDY and RALF PETER BRINKMANN — Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, Ruhr-Universität Bochum

The formation of a non-neutral, electron depleted boundary sheath in front of material surfaces is a universal plasma phenomenon; it is due to the facts that i) the electrons in a plasma are much more mobile than the ions, and that ii) the plasma is much larger than its own Debye length λ_D . The boundary sheath scales with λ_D and comprises therefore only a small fraction of the plasma. Yet, it is responsible for many aspects of its macroscopic behavior. A thorough understanding of its properties is therefore of paramount theoretical as well as practical importance. The multitude of scientific research devoted to the sheath bears witness to this statement. This work will focus on the global

behavior of the sheath, i.e., the relation between the electrical current through the sheath and the overall voltage drop across it. Effective "lumped element" models will be studied which allow to describe the sheath dynamics in simple, though nonlinear engineering terms like resistance, capacitance, and inductance. It will be investigated how

such models can be derived from a more detailed representation of the sheath physics, and how their properties depend on the parameters of the discharge as a whole. The accuracy of the models will be critically assessed by comparison with more elaborate simulations and also experiments.

P 18: Poster: Diagnostics

Time: Thursday 16:00–18:00

Location: Lichthof

P 18.1 Th 16:00 Lichthof

Improved chopping of a lithium beam for plasma edge diagnostic at ASDEX Upgrade. — •MATTHIAS WILLENSDORFER¹, ELISABETH WOLFRUM², JOSEF SCHWEINZER², FRIEDRICH AUMAYR¹, and THE ASDEX UPGRADE TEAM² — ¹Institut für Angewandte Physik, Technische Universität Wien, EURATOM-ÖAW Ass., Wiedner Hauptstrasse 8-10, A-1040 Wien, Austria — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Ass., Boltzmannstr. 2, D-85748 Garching, Germany

The lithium beam diagnostic at ASDEX Upgrade routinely delivers electron density edge profiles by lithium beam impact excitation spectroscopy (Li-IXS). An accurate background subtraction requires a periodically chopped lithium beam. A new improved chopping system was developed and installed. The new chopping system involves a voltage modulation for the extractor electrode and one for the deflection plates.

The modulation of the extractor electrode reduced the unused portion of lithium ions. An improved stability of the beam with respect to its position was found. Furthermore the data suggested an extended emitter lifetime and less sparks. The extractor chopping also surprised with its insensitivity to sparks.

The deflection chopping experiments demonstrated that beam chopping in the kHz range is possible. The significantly higher modulation frequency of the deflection chopping revealed a slightly lower observed electron density in the outer region ($\rho_p > 1.05$) during edge localized modes (ELMs) due to the improved background subtraction. A better accuracy could also be achieved during other fast transient phenomena.

P 18.2 Th 16:00 Lichthof

Elektronentemperaturbestimmung in der Abschältschicht von ASDEX Upgrade durch Helium-I Linien und Bayes'sche Statistik — •BERNHARD SIEGLIN¹, RAINER FISCHER¹, ELISABETH WOLFRUM¹, BERND WIELAND¹ und DAS ASDEX UPGRADE TEAM^{1,2} — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik — ²EURATOM Association

Für zukünftige Fusionsreaktoren ist es wichtig den Wärmetransport in der Randschicht des Tokamaks besser zu verstehen. Dazu müssen die Elektronendichte- und Elektronentemperatur (T_e)-Profile in der Abschältschicht (scrape-off layer) des Reaktors bestimmt werden. Da aufgrund der hohen Wärmeflüsse in der Randschicht der Einsatz materieller Sonden nur begrenzt möglich ist, werden vermehrt spektroskopische Messungen verwendet. Es soll hier nun untersucht werden, ob eine T_e -Messung passiv, über das schon im Plasma vorhandene Helium, erfolgen kann. Hierzu werden die linienintegrierten Intensitätsverhältnisse einer Singulett- und einer Tripletlinie genutzt. Das T_e -Profil wird mit Hilfe eines Stoss-Strahlungsmodells bestimmt. Im Rahmen der Bayes'schen Wahrscheinlichkeitstheorie wird die Posteriorverteilung maximiert und so das T_e -Profil mitsamt seinen Unsicherheiten bestimmt. Die Messungen an ASDEX Upgrade werden mit den Daten anderer Diagnostiken, wie Langmuirsonden und Thomsonstreuung verglichen.

P 18.3 Th 16:00 Lichthof

Laserabsorptionsspektroskopie zur Quantifizierung von Caesium — •CHRISTIAN WIMMER¹, STEFAN BRIEF¹ und URSEL FANTZ^{1,2} — ¹Lehrstuhl für Experimentelle Plasmaphysik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, 85748 Garching

Caesium wird aufgrund seiner niedrigen Elektronenaustrittsarbeit zur Erzeugung von H^- über einen Oberflächenprozess in Wasserstoffplasma genutzt, welche eine wichtige Rolle für die Neutralteilchenheizung von ITER spielen. Mittels Verdampfung von Cs sollen stabile dünne und homogene Schichten auf dem Extraktionsgitter erzeugt werden. Für einen optimalen Betrieb ist es notwendig, Verdampfung und Um-

verteilung des Cs in der Ionenquelle zu diagnostizieren. Eine Möglichkeit hierbei ist die Laserabsorptionsspektroskopie an der Cs D2-Linie, mit welcher man eine sichtstrahlintegrierte Cs-Dichte bestimmen kann. Ihre Vorteile sind, dass sie im Gegensatz zur optischen Emissionsspektroskopie (OES) nicht nur während der Plasmaphasen eingesetzt werden kann und im Vergleich zur Weichlichtabsorptionsspektroskopie (ABS) aufgrund des wesentlich besseren Signal/Rauschverhältnisses niedrigere Cs-Dichten detektiert werden können. Zudem ist der Aufbau einfacher an den schwer zugänglichen Ionenquellen zu realisieren. Zur Voruntersuchung der Machbarkeit wurde die Laserabsorptionsspektroskopie an einem Laborexperiment (ICP: 27,12 MHz) aufgebaut und für die Anwendung zur Quantifizierung von Caesium verifiziert, sowie mit anderen Diagnostiken (ABS, OES, Langmuir-Taylor-Detektor) verglichen.

P 18.4 Th 16:00 Lichthof

Laserdetachment zur Messung von H^- -Ionendichten — •THOMAS MAIER¹ und URSEL FANTZ^{1,2} — ¹Lehrstuhl für Experimentelle Plasmaphysik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, 85748 Garching

Die Untersuchung von H^-/D^- -Ionen ist bedeutend für die Entwicklung der Neutralteilchenheizung von ITER, die auf deren Basis arbeiten wird. Eine der wenigen Methoden zur Bestimmung der Dichte von H^- -Ionen ist das Laserdetachment ($H^- + h\nu \rightarrow H + e$), welches zudem ortsaufgelöste Messungen ermöglicht. Diese Diagnostik wurde an einem ECR Plasma realisiert, welches die H^- -Ionen mittels Volumenprozess ($H_2(v'') + e \rightarrow H^- + H$) erzeugt. Das zeitlich stabile und leicht zugängliche Plasma erlaubt die Einstellung der Plasmaparameter in einem günstigen Bereich für die H^- -Produktion. Zudem kann die H^- -Dichte weiter maximiert werden: Mit Hilfe des Tandem-Prinzips mit Bereichen unterschiedlicher Elektronentemperaturen ("Meshed Grid Bias Method") sowie durch die zusätzliche Einbringung einer Oberfläche mit geringer Austrittsarbeit (Oberflächenprozess). Um eine reproduzierbare Detachment-Messung am mit ca. 50kHz oszillierenden Plasma zu ermöglichen wurde eine Trigger- und Messschaltung entwickelt. Die dadurch mögliche Mittelung vieler Messungen zum gleichen Plasmazustand und die Verringerung des Signal-Rausch-Abstandes erlaubt eine Nachweisgrenze der H^- -Ionen von unter 2% $n(H^-)/n_e$.

Die so erhaltenen H^- -Dichten werden für die verschiedenen Konfigurationen des Experiments gegenübergestellt und diskutiert.

P 18.5 Th 16:00 Lichthof

Characterisation of the effluent of a He/O₂ atmospheric pressure microplasma jet by molecular beam mass spectrometry — •DIRK ELLERWEG¹, NIKOLAS KNAKE², VOLKER SCHULZ-VON DER GATHEN², JAN BENEDIKT¹, and ACHIM VON KEUDELL¹ — ¹AG Reaktive Plasmen, Ruhr-Universität Bochum — ²Anwendungsorientierte Plasmaphysik, Ruhr-Universität Bochum

The experimental characterisation of the plasma chemistry of atmospheric pressure microplasmas is a difficult task due to the high pressure and the small dimensions. A powerful diagnostic suited for this problem is a mass spectrometer (MS) because it can measure directly the densities of almost all species. Thereby one must consider that the MS requires a low pressure whereas the microplasma needs to be operated at atmospheric pressure in an undisturbed manner. Thus a differential pumping system consisting of several pumping stages must be used. Here, a novel gas sampling design is presented that achieves a beam-to-background ratio up to 14 and a sensitivity down to 0.5 ppm. With the help of this gas sampling system the effluent of a He/O₂ microscale atmospheric pressure plasma jet placed in a helium atmosphere has been analysed. The atomic oxygen density and the ozone density was determined as function of the O₂ admixture, the applied electrode voltage and the distance. The obtained atomic oxygen trends are verified by two-photon absorption laser-induced fluorescence spec-

troscopy measurements. The results are in very good agreement with each other. Additionally, the microplasma jet was placed in ambient air to determine the influence of admixing air.

P 18.6 Th 16:00 Lichthof

Electron density measurements in an inductively coupled radio frequency discharge by optical emission spectroscopy — ●SARAH SIEPA, EDMUND SCHÜNGEL, JULIAN SCHULZE, DIRK LUGGENHÖLSCHER, and UWE CZARNETZKI — Institute for Atomic and Plasma Physics, Ruhr-University Bochum, Germany

Optical emission spectroscopy (OES) is a non-intrusive diagnostic that provides access to plasma parameters such as the electron density and temperature. In this work the OES line-ratio technique developed by Pu et al. [1] is used to measure the electron density in an inductively coupled RF discharge operated in argon. Based on a collisional-radiative model and for a given electron temperature, the electron density is determined by measuring the ratio of the intensities of specifically chosen emission lines without the need of any absolute calibration of the setup. A Maxwellian electron energy distribution function is assumed for the calculation of rate coefficients, which is well justified under the discharge conditions investigated as demonstrated by Celik [2]. Three different line-ratios have been used under various pressures and RF powers. The comparison of the results with Langmuir probe measurements of the electron density [2] shows that the OES line ratio technique works well. However, some limitations are found. For instance, the choice of emission lines is found to affect the results and a particular line pair is identified that yields optimum agreement with probe measurements. [1] X.-M. Zhu, W.-C. Chen, J. Li, Y.-K. Pu, J.Phys. D: Appl. Phys. 42 025203 (2009) [2] Aufbau und Erprobung eines Langmuir-Sondensystems, Y. Celik (2007)

P 18.7 Th 16:00 Lichthof

Electrical and emission spectroscopic investigation of a micro thin cathode discharge — ●BEILEI DU, SEBASTIAN MOHR, DIRK LUGGENHÖLSCHER, and UWE CZARNETZKI — Institute for Plasma and Atomic Physics, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum Germany

Micro hollow cathode discharges consist of two plan parallel electrodes separated by a thin dielectric (100 μm). A small hole with a diameter similar to the width of the dielectric penetrates this sandwich structure. If the cathode is made very thin, i.e. smaller than the hole diameter, the current density of the cathode edge can reach very high value that can lead to thermionic electron emission. We call this structure Micro Thin Cathode Discharge (MTCD). At atmospheric pressure the MTCD shows under DC-voltage a self-pulsing behavior due to a periodic arc transition. The current is temporally (a few 10 ns) supplied by the charge stored in the capacitance of the sandwich structure. High electron density in the range from 10^{16} cm^{-3} to 10^{17} cm^{-3} can be reached for a time of a few 100 ns. Current, voltage, plasma density, temperature and spatially resolved emission spectroscopy measurements are presented.

P 18.8 Th 16:00 Lichthof

Neutral and ion kinetics in a radio-frequency helicon discharge — ●YUSUF CELIK¹, DIRK LUGGENHÖLSCHER¹, MITSUTOSHI ARAMAKI², KOHEI OGIWARA³, MASAYOSHI TANAKA⁴, and UWE CZARNETZKI¹ — ¹Institute for Atomic and Plasma Physics, Ruhr-University Bochum, 44780 Germany — ²Department of Electrical Engineering and Computer Science, Nagoya University, Nagoya 464-8603, Japan — ³Interdisciplinary Graduate School of Engineering Science, Kyushu University, Kasuga 816-8580, Japan — ⁴Department of Advanced Energy Engineering Science, Kyushu University, Kasuga 816-8580, Japan

Laser spectroscopic measurements are performed in a helicon discharge in argon. The discharge is excited by a flat coil antenna in the azimuthally isotropic $m = 0$ mode. The flow velocity of neutrals is measured by laser-induced fluorescence (LIF) on metastable argon atoms. Excitation is done by an external cavity diode laser (ECDL) tuned at 696.73 nm. Emitted photons ($\lambda = 826.68 \text{ nm}$) are observed perpendicular to the laser beam via an intensified CCD camera. LIF is also performed on metastable argon ions via a pulsed dye laser ($\Delta t = 5 \text{ ns}$) to obtain the ion velocity flow. An ion drift outwards the center with a velocity in the order of 300 m/s is observed. The velocity distribution measurements are supplemented by probe measurements of the ion density, the ion velocity flow, the electron energy distribution, and the floating and plasma potentials at different discharge conditions. The ion velocity flow is obtained by directional Langmuir probe measurements.

P 18.9 Th 16:00 Lichthof

Field Evolution and Optical Excitation in Inductively Coupled Plasmas — ●DOMINIK WINTER, YUSUF CELIK, DIRK LUGGENHÖLSCHER, and UWE CZARNETZKI — Ruhr University Bochum

The evolution of electromagnetic fields within a planar coil, inductively coupled rf plasma is investigated. A comparison between results obtained by an analytical model, finite element simulation (COMSOL Multiphysics) and experimental data is shown. The analytical model describes the plasma as a conductive medium with a given homogeneous electron density and a constant phenomenological collision frequency over the entire discharge volume. The vacuum case is included in the limit of zero conductivity. The propagation of the electric field into the plasma chamber obtained by the model is in very good agreement with the simulation. On the other hand, the electrical field distribution is obtained experimentally by two independent techniques: B-dot probe and radio-frequency modulation spectroscopy (RF-MOS). The former measures the time varying magnetic field. Via Faradays law the electric field is inferred. The latter is a recently developed emission spectroscopic diagnostic for inductively coupled plasmas. It measures primarily the temporal modulation of the local electron energy distribution function (EEDF) by detecting small modulations in the percentage range of the optical line emission from the plasma. This can then be related to the local electric field. The spatial electric field distribution leads to the real and imaginary part of the dielectric constant of the plasma and finally to a value for the electron density and collision frequency.

P 18.10 Th 16:00 Lichthof

Electron density measurement in a pulsed-power plasma by laser interferometry — ●FELIX MACKEL, PHILIPP KEMPKE, HOLGER STEIN, JAN TENFELDE, and HENNING SOLTWISCH — Institut für Experimentalphysik V, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum

A pulsed-power experiment has been designed to produce arc-shaped magnetic flux tubes similar to ascending solar flares. The tubes are filled with hydrogen plasma ($n_e \approx 10^{21} \text{ m}^{-3}$) and expand with a velocity of 2.5 cm/ μs , while keeping their minor radius of about 1.5 cm constant. In order to characterize the plasma regime and to investigate relevant MHD phenomena accurate data on parameters like electron density and mean energy are essential.

For measuring the line integrated electron density a laser interferometer is set up. A narrow cw CO₂ laser beam ($\lambda = 9.3 \mu\text{m}$, $P \approx 3 \text{ W}$, beam diameter typically 5 mm) traverses the vacuum vessel perpendicular to the plane of the plasma arc. It experiences a change in the optical path length when the flux tube passes by. The resulting phase shift is detected by measuring the light intensity after superposition with a reference beam. Time resolved measurements allow for the calculation of the radial electron density distribution in the flux tube if cylindrical symmetry is assumed and possible changes in the density profile during the passage are neglected.

P 18.11 Th 16:00 Lichthof

TDLAS and BBAS on Microplasmas in atmospheric pressure — ●BENEDIKT NIERMANN, MARC BÖKE and JÖRG WINTER — Ruhr-Universität Bochum, Institut für Experimentalphysik II, Bochum, Germany

Die Methode der Diodenlaser-Absorptionsspektroskopie und Breitband-Absorptionsspektroskopie (BBAS) soll für die Anwendung auf Mikroplasmen optimiert werden. Die Methode ist sehr flexibel und erlaubt es, orts- und zeitaufgelöste quantitative Messungen der Konzentrationen von Radikalen und angeregten Atomen sowie der Gastemperatur in Mikroplasmen über einen sehr weiten spektralen Bereich durchzuführen. Wir wollen fs Faserlaser mit angekoppelter photonischer Faser benutzen, um ein intensives Superkontinuum von ca 450 nm bis 1700 nm Wellenlänge zu erzeugen und dies als Lichtquelle für BBAS nutzen. Die Spektren sollen mit einem hoch auflösenden Spektrometer aufgenommen werden. In einem zweiten Projektteil wollen wir die sehr hohen Leistungsdichten nutzen, die mit fs Faserlasern erreichbar sind, um die Zündbedingungen für Mikroplasmen und die Plasma-Oberflächen-Wechselwirkung aufgrund nicht-linearer Absorption zu modifizieren und systematisch zu untersuchen.

P 18.12 Th 16:00 Lichthof

Ortsaufgelöste spektroskopische Untersuchung von Ozonformation in einem miniaturisierten Atmosphärendruck-Plasma-Jet — ●HENDRIK BAHRE¹, HARTMUT LANGE², RÜDIGER FOEST² und VOLKER SCHULZ-VON DER GATHEN¹ — ¹Ruhr-Universität Bochum, Inst. f. Experimentalphysik II, 44801 Bochum

— ²Leibniz Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V., 17489 Greifswald

Atmosphärendruck-Entladungen erfreuen sich wegen ihrer vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten eines immer größer werdenden Interesses. Die Untersuchungen werden an einem bei 13,56 MHz RF-angeregten miniaturisierten Atmosphärendruck-Plasmajet durchgeführt, der mit einem Gasgemisch aus Helium und einer geringen Beimischung von Sauerstoff (~ 1 %) betrieben wird. Die komplexen Prozesse in den Entladungen sind jedoch nur teilweise verstanden. Verschiedene orts aufgelöste spektroskopische Untersuchungsmethoden wie (V)UV-Emission und Absorption sollen dazu beigetragen speziell Erzeugungs- und Vernichtungsprozesse von Ozon sowohl innerhalb des Plasmas als auch im Effluent aufzuklären. Diese Untersuchungen ergänzen eine Serie von anderen Untersuchungen zur Charakterisierung der Entladung wie Konzentration des atomaren Sauerstoffs und Entladungsdynamik. Für die Absorptionsspektroskopie bei 254 nm wird die Emission einer stabilisierten Quecksilber-Lampe verwendet. Die aktuellen Ergebnisse werden vorgestellt und diskutiert. Diese Untersuchungen wurden im Rahmen des Projektes A1 der Forschergruppe FOR1123 der DFG durchgeführt.

P 18.13 Th 16:00 Lichthof

Analyse der Kontur selbstumgekehrter Spektrallinien bei zugrundeliegendem Peach-Profil mittels der Bartels-Theorie — HARTMUT SCHNEIDENBACH, MARTIN WENDT, STEFFEN FRANKE und •JACOB ZALACH — INP-Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, D-17489 Greifswald

Die Bartels-Theorie der Linienemission inhomogener Plasmaschichten gestattet die Temperaturbestimmung aus den Radianzmaxima geeigneter selbstumgekehrter Spektrallinien. In [1] wurde diese Theorie auf die Bestimmung der Linienform aus der gemessenen Kontur angewandt. In Hochdruckplasmen kann die quasistatische Van-der-Waals-Wechselwirkung nicht nur im fernen roten, sondern auch im blauen Linienflügel zu starken Abweichungen vom Lorentzprofil führen. Eine einheitliche Beschreibung der Wechselwirkung vom Linienzentrum bis in ferne Bereiche beider Linienflügel liefert das Peachprofil. Dieses Profil wurde in Verbindung mit der Bartels-Theorie auf die Analyse der Kontur verschiedener Quecksilberlinien eines HID-Plasmas angewandt. Das Peachprofil wird durch die C6-Konstante sowie die Temperatur und Dichte des Strahlers bestimmt. Es werden die erweiterten Diagnostikmöglichkeiten einer solchen Analyse aufgezeigt sowie die Besonderheiten der Resonanzlinie bei 254 nm diskutiert.

[1] H. Bartels, H. Zwicker, Z. Phys. 166 (1962) 148

P 18.14 Th 16:00 Lichthof

Investigation of Table Top X-Pinches — •HANNES BOHLIN — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Greifswald, Germany

The X-pinch is created by passing a large current through two or more wires crossed and touching at a single point. The X-pinch has been found to be an excellent source of high intensity, short duration X-rays, which has led to a wide range of applications in areas such as lithography, radiography, biomedicine, and materials science. An investigation was carried out relating to how the characteristics of the X-rays emissions and plasma dynamics of X-pinches change with the number of wires utilized. The pinches were created by passing a 58ns, 38kA current pulse through 5*mm tungsten wires. Wire configurations using 2, 3, 4, and 6 wires were used. The main diagnostic tools consisted of a CCD camera for time-integrated optical images, a pinhole camera to record time-integrated images of the X-ray emissions and X-ray diodes to determine the pinch time. X-pinches with a greater number of wires were found to result in an increase in size and intensity of the vertical plasma jets, as well as an increase in the time taken before the pinch would occur.

P 18.15 Th 16:00 Lichthof

Untersuchung schneller Plasmazustände am WEGA-Stellarator mit Hilfe eines Halbleiterbolometers — •MICHAEL GLAUBITZ, DAIHONG ZHANG und MATTHIAS OTTE — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Ass., D-17491 Greifswald

Am Stellarator WEGA dienen Bolometer zur Bestimmung der vom Plasma emittierten Gesamtstrahlungsleistung, und zur Berechnung von Strahlungsprofilen. Ein 16-Kanal Halbleiterbolometer auf Fotodiodenbasis wurde optimiert und an WEGA installiert. Die verwendeten AXUV-Dioden boten Zugang zu schnellen Plasma-Effekten. Bei einer Magnetfeldstärke von 0.5T wurden Argon- und Helium-Plasmen mit Hilfe einer 28GHz-Mikrowellenheizung zentral geheizt. Der Heizprozess

basierte dabei auf der OXB-Modenkonzersion, welche ein überdichtetes Plasma mit Elektronendichten über $1 \times 10^{19}/m^3$ und Elektronentemperaturen von einigen 10eV erzeugte. Das Plasma wurde während des Konversationsprozesses zeitlich hochaufgelöst untersucht. Zudem konnten mit dem Halbleiterbolometer die Zündung, das Erlöschen und die räumlich-zeitliche Ausdehnung von WEGA-Plasmen untersucht, sowie die Ausbreitung von Wärmewellen mit Hilfe von Modulationsexperimenten nachgewiesen werden.

Da die Empfindlichkeit der verwendeten AXUV-Dioden im UV-Bereich stark unter den Herstellangaben lag, wurden entladungsspezifische Kalibrationsfaktoren bestimmt. Die erhobenen Daten wurden mit denen eines als Referenz dienenden Goldfolienbolometers verglichen.

P 18.16 Th 16:00 Lichthof

Bestimmung des diamagnetischen Effekts in WEGA-Plasmen — •ENRICO CHLECHOWITZ, HEINRICH P. LAQUA, STEFAN MARSEN, TORSTEN STANGE, ANDREAS WERNER und MATTHIAS OTTE — MPI für Plasmaphysik, 17491 Greifswald, EURATOM Association

Durch die Verwendung eines effizienten Heizszenarios, das auf der Konversion der eingestrahelten elektromagnetischen Welle in eine elektrostatische Bernsteinwelle beruht, ist es am WEGA Stellarator möglich, Dichten von über $1 \cdot 10^{19}m^{-3}$ bei 0.5 T-Betrieb zu erzielen. Mit Hilfe des diamagnetischen Plasmastromes, der eine Abschwächung des von außen angelegten Magnetfeldes bewirkt, wird es möglich, die eingeschlossene Plasmaenergie und somit das poloidale β sowie die Energieeinschlusszeit zu bestimmen. Da diese Reduzierung in der Größenordnung von nur 10^{-4} bis 10^{-5} in Bezug zum Toroidalfeld liegt, ist eine genaue Kompensation des von der diamagnetischen Schleife gelieferten Magnetfeldsignals notwendig. Hierfür wurden verschiedene Systeme, bestehend aus externen Rogowski- und Kompensationsspulen verwendet. Zusätzlich wurde ein Einbau dieser Diagnostiken auch innerhalb des Torus vorgenommen. Um die erhaltenen Messwerte zu verifizieren wurde ebenfalls ein internes Zwei-Schleifen-System aufgebaut, welches aufgrund einer Verhältnisänderung zwischen den beiden Flussignalen ein kleineres Nutzsignal bei jedoch gleichzeitig verbesserter Kompensation vorbringt. Ein für Wendelstein 7-X entwickelter digitaler Integrator, basierend auf einer geschoppten Eingangsstufe und einer digitalen Integration, wurde erfolgreich für die Bestimmung der gemessenen Flussignale getestet und verwendet.

P 18.17 Th 16:00 Lichthof

Radiation trapping and the measurement of metastable density by optical emission spectroscopy — •VLADIMIR SUSHKOV, HOANG TUNG DO, and RAINER HIPPLER — Institute of Physics, University of Greifswald, Felix-Hausdorff Strasse 6 17489 Greifswald

Radiation trapping of photons emitted from Ar and Ar/C₂H₂ radio frequency plasmas was studied both theoretically and experimentally. Intensities of lines emitted from level 2p₆ (Paschen notation) to levels 1s₄ (800.6 nm) and 1s₅ (763.5 nm) of argon were measured with optical emission spectroscopy (OES). The intensity ratio of these lines is proportional to their escape factor ratio which depends on the density of the lower states (1s₄* - resonant and 1s₅ - metastable). The escape factors were theoretically calculated in dependence on metastable and resonant densities, and utilized within the framework of effective lifetime concept. Metastable density was then calculated from the measured escape factor of photons emitted from the plasma. Metastable and resonant densities were also measured by means of tunable diode laser absorption spectroscopy (TDLAS). The results were compared which gives a very good agreement between the two measuring methods. OES is, therefore, an alternative way to measure metastable density.

P 18.18 Th 16:00 Lichthof

Diagnostik an partikelbildenden Plasmen — •PATRICK SADLER^{1,2}, MORTEN HUNDT², MATTHIAS WOLTER², ANDRE MELZER¹ und HOLGER KERSTEN² — ¹Ernst-Moritz-Arndt-Universität, Greifswald — ²Christian-Albrechts-Universität, Kiel

Reaktive Plasmen enthalten chemisch reaktive Spezies, die ein wichtiges Werkzeug für technologische Anwendungen darstellen, sogenannte Plasmazustände. In Prozessplasmen kann es durch komplexe plasmachemische Vorgänge zur Bildung von Partikeln kommen, die einen Durchmesser von bis zu einigen Mikrometern aufweisen.

Die Charakteristika dieser Partikelbildung werden mit verschiedenen Diagnostiken in acetylen- und methanhaltigen Hochfrequenzplasmen untersucht. Dabei kommen Laserabsorptionsspektroskopie (QCLAS) zur Bestimmung der absoluten Methan- und Acetylenkonzentrationen

sowie Elektronenresonanzspektroskopie (SEERS) zur Messung der freien Elektronendichte und der Elektronenstoßrate im Plasma zum Einsatz. In Ergänzung dazu werden Messungen der DC-Self-Bias sowie optische Lasertransmissionsmessungen direkt mit dem Partikelwachstum in Verbindung gebracht. Durch die Kombination der verschiedenen Diagnostikverfahren kann die Wirkung der Partikelbildung auf die Plasmaparameter bestimmt und ein Einblick in die ablaufende Plasmachemie gewonnen werden.

P 18.19 Th 16:00 Lichthof

Eine neuartige Kraftsonde zur Bestimmung des Impulsstroms energiereicher Teilchen — ●ALEXANDER SPETHMANN, THOMAS TROTTEBERG, VIKTOR SCHNEIDER und HOLGER KERSTEN — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität Kiel, 24098 Kiel

Bisherige Plasma- und Ionenstrahldiagnostiken wie Langmuir-Sonden, Gegenfeldanalysatoren und Farraday-Cups basieren auf elektrostatischen Messprinzipien. Sie beschränken sich daher auf die Erfassung von Strömen geladener Teilchen und deren Energieverteilung. Jedoch werden in Ionenstrahlanlagen über Ladungsaustauschstoße auch energiereiche Neutralatome erzeugt, so dass abhängig von der Neutralgasdichte in der Targetkammer ein Teil des Ionenstrahls in einen Strahl neutraler Atome umgewandelt wird [1,2]. Oft geschieht dies ungewollt, der Effekt kann aber auch gezielt verwendet werden, um einen neutralen Atomstrahl zu erzeugen (z.B. Neutral-Beam Assisted Etching [3]). In diesem Beitrag wird eine neuartige Kraftsonde vorgestellt, die den auf ein Testsubstrat übertragenen Impulsstrom von sowohl geladenen als auch ungeladenen Strahlpartikeln misst.

- [1] V. Schneider et al., *Rev. Sci. Instrum.* (accepted for publ.)
 [2] T. Trottenberg et al., *IEEE Trans. Plasma Sci.* (accepted for publ.)
 [3] T. Yunogami et al., *J. Vac. Sci. Technol. A* 13, 952 (1995)

P 18.20 Th 16:00 Lichthof

Measurement of the Drag Force on Microparticles in an Energetic Ion Beam — VIKTOR SCHNEIDER, ●THOMAS TROTTEBERG, and HOLGER KERSTEN — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, D-24098 Kiel

In complex (dusty) plasmas the coexistence of microparticles and streaming ions is a common situation, e.g. in natural environments in space, in laboratory plasmas and in technological applications.

P 19: Poster: Low Temperature Plasmas II

Time: Thursday 16:00–18:00

Location: Lichthof

P 19.1 Th 16:00 Lichthof

Theoretical studies of pulsed xenon glow discharges at medium pressure — ●MYKHAYLO GNYBIDA, DIRK UHRLANDT, and DETLEF LOFFHAGEN — INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald, Germany

Pulsed medium-pressure glow discharges in xenon have been investigated by means of a time-dependent, spatially one-dimensional fluid model. The model consists of the coupled solution of the balance equations for the charge carrier and neutral species densities, the mean electron energy and the gas temperature in the plasma. The space-charge potential of the radially inhomogeneous plasma and the axial electric field are determined by solving the Poisson equation and a current balance, respectively. The electron transport and rate coefficients are adapted as functions of the mean electron energy, gas temperature and ionization degree. They were obtained from the solution of the steady-state, spatially homogeneous electron Boltzmann equation including electron-electron collisions. The analysis has been performed for xenon plasmas in a discharge tube with an inner diameter of 6.5 mm at currents between 60 and 150 mA and pressures from 10 to 50 Torr. Main features of the spatiotemporal evolution of the pulsed xenon discharges are discussed. The comparison of the model predictions with experimental results generally shows good agreement. The model results reproduce the significant increase of the low-lying (metastable and resonance) atomic state densities in the early afterglow phase of the pulse, which has also been observed in the experiments.

The work was supported by the DFG within SFB-TR 24.

P 19.2 Th 16:00 Lichthof

A new experiment for the study of forces on microparticles in an ion beam is presented. A 125 mm broad beam ion source provides a vertically upward directed beam of several hundreds of eV wherein hollow glass spheres ($\sim 100\mu\text{m}$) are injected. The particles are illuminated by a diode laser and their trajectories are recorded with a ccd camera. From the trajectories the acceleration and the net force on the particles are determined. The experimental setup allows a measurement of the momentum transfer due to the two possible mechanisms, i.e. ion-dust and fast-neutral-dust collisions (the fast neutrals stem mainly from charge-exchange collisions). If the ion beam current density and the ion velocity distribution are known, the net force can be attributed quantitatively to the two mechanisms.

The experimental situation differs in essential aspects from typical dusty plasma experiments, where the ion energies are mostly in the order of room temperature thermal energies ($< 1\text{eV}$), and the ion velocities are rather isotropically distributed than directed (subthermal ion drift).

P 18.21 Th 16:00 Lichthof

Magnetische und bolometrische Diagnostik an TJ-K — ●STEFAN MERLI¹, EBERHARD HOLZHÄUER¹, ALF KÖHN¹, MIRKO RAMISCH¹, DAIHONG ZHANG² und ULRICH STROTH¹ — ¹Institut für Plasmaphysik, Universität Stuttgart — ²MPI für Plasmaphysik, Greifswald

Neue magnetische und bolometrische Diagnostiken wurden am Stellarator TJ-K aufgebaut. Die magnetischen Diagnostiken, bestehend aus diamagnetischen Spulen, sowie aus Sattel- und Rogowski-Spulen, dienen zur Untersuchung des Plasma- β und des Energieinhalts, sowie der Ströme im Plasma. Da die magnetischen Signale sehr klein und vom Hauptmagnetfeld überlagert sind, wird das Plasma moduliert und die Messung mit einem Lock-In-Verstärker durchgeführt. Die Ergebnisse aus Messungen mit den magnetischen Sonden über einen weiten Plasmaparameterbereich werden vorgestellt. Die mit der diamagnetischen Spule bestimmten Werte für den Energieinhalt und das Plasma- β werden mit Werten aus Profilmessungen mit Langmuir-Sonden verglichen.

Die bolometrische Diagnostik, bestehend aus einem Array aus acht Goldfolien-Bolometern, dient zur Untersuchung der emittierten Strahlungsleistung und der dazugehörigen Profile. Das Bolometer-Array wurde bereits an TJ-K installiert, der elektrische Aufbau und die Datenaufnahme werden noch optimiert. Erste Abschätzungen zur globalen Energiebilanz werden diskutiert.

On the hysteresis transition between diffuse and constricted modes of glow discharges in argon — ●MYKHAYLO GNYBIDA, DIRK UHRLANDT, and DETLEF LOFFHAGEN — INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald, Germany

The transition of the diffuse glow discharge to a constricted state in argon plasmas has been studied by means of a time- and radial-dependent fluid model. The self-consistent model comprises the particle balance equations for electrons, atomic and molecular ions, three excited atomic and two excited molecular states, the balance equation of the mean electron energy and of the heavy particle temperature in the plasma, Poisson's equation for the space-charge potential, and the external circuit equation determining the axial electric field and the discharge current. The transport and rate coefficients of the electrons are obtained from the solution of the 0D Boltzmann equation for the electron velocity distribution function. The investigations have been performed for plasmas in a discharge tube with a radius of 1 cm at pressures from 100 to 500 Torr. The results show the classical hysteresis effect: the transition from glow to constricted mode at increasing current and the opposite transition at decreasing current occur at different values of discharge parameters. The predicted voltage-current characteristics are compared with available experimental data. Good agreement is found in general.

The work was supported by the DFG within SFB-TR 24.

P 19.3 Th 16:00 Lichthof

Net emission coefficients for argon-iron plasmas with Stark broadening scaled to experiments — MARTIN WENDT, MARIE-EMILIE ROUFFET, HEINZ SCHÖPP, and ●DIRK UHRLANDT — INP Greifswald e.V., Felix-Hausdorff-Str 2, 17489 Greifswald

This work presents values of the net emission coefficient for argon-iron plasmas at a pressure of 1 bar, temperatures from 1 to 30 kK and iron fractions from 0 to 100 %. The linewidths of electron Stark broadening, which is the dominant broadening mechanism at higher temperatures, are calculated according to Griem and then scaled to widths measured on a pulsed argon-iron welding arc. The net emission coefficient may be used as an approximation of the energy transport by radiation, which plays a decisive role in the formation of the temperature profile of free-burning, atmospheric arcs. The net emission coefficient circumvents the computational costs of ray tracing calculations, which are particularly high for welding arcs containing iron because it shows several thousand radiative transitions. The presented net emission coefficients take into account line emission, bound-free and free-free continua and they are compared with literature values. The line profile functions obey natural, resonance, Doppler, van der Waals, and electron and ion Stark broadening.

P 19.4 Th 16:00 Lichthof

Untersuchung atomarer Sauerstoff-Dichteverteilungen im freien Effluenten eines Mikro-Plasmajets vor einer Oberfläche

— •DANIEL SCHRÖDER, NIKOLAS KNAKE und VOLKER SCHULZ-VON DER GATHEN — Institut für Experimentalphysik II, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum

Die untersuchte Entladung ist ein kapazitiv-gekoppelter Mikro-Plasmajet (μ -APPJ), welcher bei Atmosphärendruck arbeitet. Getrieben wird der Jet bei einer Frequenz von 13,56 MHz mit einer Leistung von ca. 12 Watt. Die Gasmischung besteht aus dem für die Produktion von atomarem Sauerstoff optimalen Verhältnis von 1,5 slm Helium und 9 sccm molekularem Sauerstoff [1].

Der μ -APPJ ist optimiert für optische, insbesondere lasergestützte Diagnostikverfahren im Kern und im Effluenten der Entladung.

Absolute atomare Sauerstoffdichteverteilungen wurden bereits mittels TALIF unter vereinfachten Bedingungen in einer He/O₂ Atmosphäre gemessen [1]. Gegenstand dieser Arbeit ist nun die Messung der Sauerstoffverteilungen im freien Effluenten, wenn der Jet in Wechselwirkung mit einer Oberfläche steht. Effekte wie Turbulenzen und Rückstau werden an Hand von Temperaturverteilungen, Verläufen von ausgewählten Emissionslinien und Dichteverteilungen des atomaren Sauerstoffs diskutiert.

Diese Untersuchungen wurden im Rahmen des Projektes A1 der Forschergruppe FOR1123 der DFG im Research Department Plasma durchgeführt.

[1] N.Knake et al. J.Phys.D: 41 (2008) 194-006

P 19.5 Th 16:00 Lichthof

Numerische Simulation eines RF-Mikroplasma-Jets bei Atmosphärendruck

— •TORBEN HEMKE, ALEXANDER WOLLNY, MARKUS GEBHARDT, RALF PETER BRINKMANN und THOMAS MUSSENBERG — Theoretische Elektrotechnik, Ruhr-Universität Bochum

In den letzten Jahren wurde eine wachsende Anzahl an Mikroplasma-Quellen entwickelt. Diese unterscheiden sich in der zugrunde liegenden Anwendung, wodurch es eine Vielzahl an Geometrien, verwendeter Chemie und sowohl DC, als auch RF-Entladungen gibt.

Dieser Beitrag fokussiert sich auf die Simulation eines Hochfrequenzgetriebenen Mikroplasma-Jets, dem sogenannten μ -APPJ. Der Jet, bestehend aus koplanaren Elektroden mit dem Abstand 1 mm, wird typischerweise bei einer Frequenz von 13.56 MHz (bei in etwa 10 W) betrieben. Das typische Gasgemisch besteht aus 1 slm Helium und einer geringen Beimischung von molekularem Sauerstoff.

Anhand der Simulation soll ein prinzipielles physikalisches Verständnis der Entladung erarbeitet werden. Weiterhin werden die Ergebnisse der Simulation mit den experimentell gewonnenen Daten verglichen.

Diese Arbeit wird von der DFG im Rahmen der Forschergruppe FOR1123 unterstützt.

P 19.6 Th 16:00 Lichthof

Vergleich der Anregungscharakteristik von Mikro-Entladungen auf Polymer oder Silizium basierten Trägern

— •ARTHUR GREB, HENRIK BÖTTNER und VOLKER SCHULZ-VON DER GATHEN — Institut für Experimentalphysik II, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum

Mikro-Entladungen genießen seit kurzem große Aufmerksamkeit aufgrund ihres hohen Anwendungspotenzials. Dennoch ist das grundlegende Wissen z.B. über ihre Zündparameter und Transportmechanismen bisher nur rudimentär. Die hier untersuchten Mikro-Entladungen haben typische Abmessungen im Bereich von 50 μ m und sind als Array oder Mikro-Kanal konfiguriert (Quelle: J.G. Eden, UIUC). Sie werden

in Edelgasen (hier: Argon, Neon) betrieben, wobei die Anregungsfrequenzen in der Größenordnung von einigen kHz liegen und die angelegte Spannung 800Vp-p nicht übersteigt. Über die gemessenen Strom-Spannungskennlinien kann der Arbeitsbereich unter Parameterveränderung bestimmt werden. Bei angelegter Dreiecksspannung zeigt sich ein Zündverhalten vergleichbar mit einer Townsend-Entladung, während gleichzeitig ein 'Selbst-Pulsen' ähnlich dem homogener, dielektrisch behinderter Entladungen beobachtet wird. Ergänzend werden mit Hilfe einer bildverstärkten CCD Kamera phasenaufgelöste emissionspektroskopische Untersuchungen (PROES) durchgeführt. Erste Messungen zeigen reproduzierbare, zeitlich und räumlich variierende Emissionsstrukturen.

Diese Untersuchungen wurden im Rahmen des Projektes A1 der Forschergruppe FOR1123 der DFG durchgeführt.

P 19.7 Th 16:00 Lichthof

Numerische Simulation eines Mikroplasma-Array bei Atmosphärendruck

— •ALEXANDER WOLLNY, MARKUS GEBHARDT, TORBEN HEMKE, RALF PETER BRINKMANN und THOMAS MUSSENBERG — Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, Ruhr-Universität Bochum

Eine neue Atmosphärendruck-Plasma-Quelle stellen Mikroplasma-Arrays dar, welche von der Gruppe von J.G. Eden an der Universität von Illinois entwickelt wurden.

Bei diesen Entladungen handelt es sich um eine Matrix von dielektrisch behinderten Hohlkathodenentladungen mit Abmessungen von einigen 10 μ m. Dabei bildet ein Siliziumsubstrat mit pyramidenförmigen Vertiefungen ein Elektrode. Auf diese ist dielektrische getrennt eine zweite Elektrode in Form eines Gitters aufgebracht. Diese Entladung wird mit einer Frequenz im Bereich von 10-100kHz in einer Argon-Atmosphäre betrieben.

Einen Einblick in die Wechselwirkungen den Mikroplasmen untereinander soll mit Simulationen gewonnen werden und mit experimentell gewonnenen Daten verglichen werden.

Diese Arbeit wird von der DFG im Rahmen der Forschergruppe FOR1123 unterstützt.

P 19.8 Th 16:00 Lichthof

Analyse von Schichtstrukturen in dielektrisch behinderten Mikroentladungen

— •MARKUS M. BECKER, RONNY BRANDENBURG, HELGE GROSCH, TOMAS HODER, CHRISTIAN WILKE und DETLEF LOFFHAGEN — INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald, Germany

Das Verständnis der Stabilität dielektrisch behinderter Entladungen (DBE) bei Atmosphärendruck ist aufgrund ihres breiten Anwendungsspektrums von großem Interesse. Bei Untersuchungen von Mikroentladungen in asymmetrischen DBE mit einseitigem Dielektrikum in Argon wurden Schichtstrukturen beobachtet, die ähnlich zu den bekannten Relaxationsstrukturen in Niederdruckglimmentladungen sind. Um die experimentellen Untersuchungen dieser Schichtstrukturen zu unterstützen und zum Verständnis der inhärenten Prozesse beizutragen, wurden Modellrechnungen zum räumzeitlichen Verhalten einer Mikroentladung durchgeführt. Im Rahmen der hydrodynamischen Beschreibung werden die Teilchenbilanzgleichungen von Elektronen, Ar⁺ und Ar₂⁺-Ionen sowie 11 angeregten Argonzuständen gekoppelt mit der Energiebilanzgleichung der Elektronen und der Poisson-Gleichung bei vorgegebener Entladungsspannung gelöst. Das Dielektrikum wird unter Berücksichtigung der Aufladung der dielektrischen Elektrode mittels Hinzunahme des Gaußschen Gesetzes der Elektrostatik beschrieben. Erste Ergebnisse der Modellierung werden präsentiert und mit experimentellen Resultaten verglichen. Wesentliche Prozesse der Ionisations- und Rekombinationskinetik sowie des Energiehaushalts der Elektronen werden diskutiert.

P 19.9 Th 16:00 Lichthof

Milieu alterations of biological surfaces by non-thermal plasma at atmospheric pressure

— •ANDREAS HELMKE¹, DENNIS HOFFMEISTER¹, NINA MERTENS¹, JAN SCHUETTE², and WOLFGANG VIÖL² — ¹Department of Sciences and Technology, University of Applied Sciences and Arts, Von-Ossietzky-Str. 99, 37085 Goettingen, Germany — ²Laser Laboratorium Goettingen e.V., Hans-Adolf-Krebs-Weg 1, 37077 Goettingen, Germany

Although cold atmospheric plasmas (CAP) have proven their efficacy in biomedical fields like decontamination, coagulation, and wound healing, the mechanisms of interaction between plasma constituents and biological matter are still uncertain. The arrangements are often operated with ambient air due to its overall disposability and manifold

reactivity. Clinical research revealed elevated pH values in chronic wounds thus leading to distorted resident microbial flora resulting in vulnerability to pathogens and inflammation which inherently prevents healing of the wound. To escape from this circle, pH-targeted therapies to affect microbial growth have been proposed.

In a general approach, we studied the acidifying efficiency of a CAP treatment and ambient air as a working gas on lipid films. Acidification of a thin water film could be observed on plasma-treated surfaces of wool wax, pork sebum and human lipid layers. This pH shift was partly attributable to NO_x species and to the formation of nitric acid in the upper layers of the substrates. The acidic compounds on the lipid surfaces resulted in pH shifts for up to 2 h after plasma exposure, which might be beneficial for pH-targeted therapies in dermatology.

P 19.10 Th 16:00 Lichthof

Plasma chemical reactions of hydrocarbons in an atmospheric pressure dielectric barrier discharge — ●THEJASWINI H.C., ABHIJIT MAJUMBAR, and RAINER HIPPLER — Institut für Physik, Universität Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 6, 17487 Greifswald

The plasma chemical reactions of C₂H₄/N₂, C₂H₆/N₂, C₂H₄/Ar and C₂H₆/Ar have been investigated through mass spectroscopy in a laboratory dielectric barrier discharge at an atmospheric pressure of 300 mbar. In this work, we investigate the possible plasma chemical reactions playing a role in Titan's atmosphere. The main results that we

have obtained so far are related to the production of H₂, formation of higher order hydrocarbons such as C_nH_m with $n \leq 12$, and the formation of CN films on the electrodes by the fragmentation of C₂H₄/N₂ and C₂H₆/N₂ gases.

P 19.11 Th 16:00 Lichthof

Two-dimensional modelling of waveguide-based microwave plasma source — ●MARGARITA BAEVA, ANDRE BOESEL, JÖRG EHLBECK, and DETLEF LOFFHAGEN — INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2,17489 Greifswald, Germany

The electromagnetic field distribution inside a waveguide-based microwave plasma source operated at 2.45 GHz and used for atomic emission spectroscopy of gaseous species is presented. Equations for determining the electromagnetic field are derived from Maxwell's equations and are solved for given smooth spatial profile of the plasma density estimated from experimental findings in argon and helium at atmospheric pressure. The model implies a two-dimensional and time-harmonic description yielding the average microwave power absorbed by the plasma which is compared with measured values. It enables the variation of the plasma size and position as well as of the electron density maxima. Simulations in the absence of plasma are performed to study the electric field strength built in the ceramic discharge tube which is important for the discharge ignition.

P 20: Poster: Magnetic Confinement

Time: Thursday 16:00–18:00

Location: Lichthof

P 20.1 Th 16:00 Lichthof

A database for pellet ablation investigations in ASDEX Upgrade — ●GÁBOR CSEH¹, SÁNDOR KÁLVIN¹, GÁBOR KOCSIS¹, PETER LANG², TAMÁS SZEPESI¹, and ASDEX UPGRADE TEAM² — ¹KFKI RMKI, EURATOM Association, P.O. Box 49, H-1525 Budapest-114, Hungary — ²MPI für Plasmaphysik, EURATOM Association, 85748 Garching bei München, Germany

Understanding the ablation process of cryogenic Deuterium (D) pellet in a plasma is of great importance. The pellet-plasma interaction already settles the effectiveness for application in plasma fuelling and edge control. Fast framing cameras short exposure (few μ s) images of the radiating cloud formed around the ablating pellet were recorded, collected and analyzed for this investigation. For every image, the spatial distribution of the visible radiation was determined. Based on this two dimensional information a database was created. It stores parameters characterizing the cloud (e.g. typical shape, brightness distribution along pellet trajectory and magnetic field lines), pellet parameters (mass, speed, local ablation rate) and local plasma parameters (e.g. electron temperature and density). Our analysis aims to reveal if and how pellet cloud shape and radiation distribution depend on different parameters. The initial results of this project will be presented in this contribution.

P 20.2 Th 16:00 Lichthof

Pellet launcher optimization for ELM pacing in ASDEX Upgrade — ●JILL JEHL¹, GÁBOR KOCSIS², PETER LANG³, MARTIN PRECHTL⁴, STEFAN SOTIER¹, TAMÁS SZEPESI², and ASDEX UPGRADE TEAM³ — ¹University of Applied Sciences, Lothstrasse 34, 80335 München, Germany — ²KFKI RMKI, EURATOM Association, P.O. Box 49, H-1525 Budapest-114, Hungary — ³MPI für Plasmaphysik, Boltzmannstrasse 2, 85748 Garching, Germany — ⁴Hochschule Coburg, Fakultät Maschinenbau, Friedrich-Streib-Strasse 2, 96450 Coburg, Germany

ELM mitigation by frequency pacing applying cryogenic Deuterium (D) pellet injection is a technique demonstrated at several tokamaks. However, using common fuelling pellet sizes resulted in significant additional particle throughput and according confinement reduction. Thus a pellet launcher system optimized for ELM pacing purposes will need to keep the high repetition rates and injection speed but would have to significantly reduce the pellet sizes. At ASDEX Upgrade, the existing blower gun system was modified accordingly, with repetition rates up to 80 Hz and pellet speeds up to 150 m/s but the particle inventory was lowered to 5×10^{19} atoms. Operation in this pellet size regime (diameter in the order of mm) turned out to be a challenging task trying to preserve reliable pellet production, acceleration and in particular

transfer through a guiding system. We report on the re-commissioning of the modified system and the achieved performance.

P 20.3 Th 16:00 Lichthof

Non-resonant heating in TJ-K — ●ALF KÖHN, PETER DIEZ, SEBASTIAN ENGE, EBERHARD HOLZHÄUER, STEFAN MERLI, MIRKO RAMISCH, and ULRICH STROTH — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart

At magnetic field strengths of $B_0 \approx 270$ mT, non-resonant heating with $f_1 = 2.45$ GHz is observed in TJ-K. To this end, a plasma needs to be started with a heating system, operating at $f_2 = 8.3$ GHz, whose corresponding electron cyclotron resonance ω_{ce} is located inside the confinement region. Additional heating of the plasma is then observed if f_1 is switched on. High densities of $n_e \approx 10^{18} \text{ m}^{-3}$ are achieved, which stay at this high level, even if f_2 is switched off. Due to the absence of the cyclotron resonance, $\omega_1 < \omega_{ce}$, and the absence of the upper hybrid resonance, $\omega_1 < \omega_{UH}$, this regime is referred to as *non-resonant* heating regime. At the high magnetic field, it is not possible to start a discharge with f_1 only. A minimum density is necessary to start the non-resonant heating. This minimum density was determined to be in the range of the cutoff density. Power modulation studies at frequencies above the inverse confinement time, indicate the left-hand cutoff, ω_L , as the location of power deposition. Toroidal net currents which are up to 50 times higher than in low-field discharges are detected by a Rogowski coil. An overview of the plasma parameters achieved in this regime and a discussion of possible heating mechanisms will be presented.

P 20.4 Th 16:00 Lichthof

Blobdynamik am Rand des Tokamaks ASDEX Upgrade — ●BERNHARD NOLD¹, HANS WERNER MÜLLER², GARRARD D CONWAY², MIRKO RAMISCH¹, VOLKER ROHDE², ULRICH STROTH¹ und THE ASDEX UPGRADE TEAM² — ¹Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart — ²MPI für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Garching

Ein besseres Verständnis des konvektiven Transportes am Rand magnetisch eingeschlossener Plasmen ist wichtig für die Vorhersage der Wandererosion zukünftiger Fusionskraftwerke. In diesem Beitrag wurden Dichtefluktuationen im Tokamak ASDEX Upgrade mit Langmuir-Sonden untersucht.

Im eingeschlossenen Plasma wurden überwiegend Dichtestörungen mit negativer Amplitude (*Löcher*) beobachtet, während in der Abschälsschicht (*SOL*) deutlich positive Amplituden (*Blobs*) überwiegen. Der Übergang zwischen diesen beiden Bereichen wurde an der Separatrix beobachtet. Dies zeigt, dass Blobs nahe der Separatrix generiert werden und dann radial an die Wand laufen.

Die poloidale Propagation der beobachteten Strukturen stimmt gut mit den Ergebnissen aus der Dopplerreflektometrie überein. Die stärkste Verscherung wird nicht an der Separatrix, sondern etwas außerhalb in der SOL beobachtet und zeigt keinen signifikanten Einfluss auf die turbulenten Fluktuationen.

P 20.5 Th 16:00 Lichthof

Elektron-Zyklotron-Heizung in O2- und X3-Mode an ASDEX Upgrade — ●H. HÖHNLE¹, W. KASPAREK¹, J. STOBER², A. HERRMANN², R. NEU², J. SCHWEINZER², U. STROTH¹ und ASDEX UPGRADE TEAM² — ¹Institut für Plasmaphysik, Universität Stuttgart — ²Max-Planck- Institut für Plasmaphysik, Garching

Die Elektron-Zyklotron-Heizung an ASDEX Upgrade (AUG) wird unter anderem für die Verhinderung von Verunreinigungsanhäufungen im Plasma verwendet. In ITER-relevanten Entladungen mit gutem Einschluss kann jedoch, aufgrund der hohen Dichte bei hohem Plasmastrom, die bevorzugte X2-Heizung wegen der zu geringen Cutoff-Dichte nicht eingesetzt werden.

Eine Möglichkeit das Plasma trotzdem zu heizen besteht in der Verwendung der O2-Mode. Diese besitzt die doppelte Cutoff-Dichte wird jedoch erst bei sehr hohen Temperaturen ($T_e > 5$ keV) optisch dick, die in AUG nicht erreicht werden. Daher wurde ein Heizungsszenario entwickelt, durch das die Absorption mit Hilfe eines zweiten Strahldurchgangs erhöht wird. Dies wird mittels holographischer Spiegel realisiert, die an der inneren Wand an AUG befestigt sind.

Die erste stabile ITER-relevante Plasmaentladung ($q_{95} = 3$) wurde hingegen mit der X3-Mode bei einem Magnetfeld von ca. 1.8 T gefah-

ren. Hier liegt die 2. harmonische Resonanz am inneren Plasmarand und absorbiert die, das Zentrum passierende Leistung. Die geringe Absorption von ca. 60 % im Zentrum bei Temperaturen um 3 keV reichen momentan bei 1 MW eingestrahler Leistung nicht aus, um die Wolframkonzentration bedeutend zu verringern.

P 20.6 Th 16:00 Lichthof

Space-time synchronization of gradient driven plasma instabilities — ●CHRISTIAN BRANDT, ALEXANDER POYÉ, STELLA OLDENBÜRGER, FRÉDÉRIC BROCHARD, VOLKER NAULIN, and GÉRARD BONHOMME — Institut Jean Lamour, UMR 7198 CNRS, Dpt P2M, Université Henri Poincaré, Nancy IBP 70239, F-54506 Vandoeuvre-lès-Nancy, FRANCE

In the cylindrical plasma of the linear magnetized plasma device MIRABELLE the drift wave and interchange instability can be separately studied depending on plasma parameters and ambient magnetic field. Due to both instabilities azimuthal space-time mode structures of plasma potential and density fluctuations are observed, that are either coherent or turbulent. With a space-time open-loop control system consisting of an azimuthal octupole arrangement of electrodes the dynamics of both instabilities can be influenced. Synchronization of coherent and weakly developed turbulent modes is investigated and compared with 3D fluid code simulations. Fast camera imaging of the complete azimuthal range yields conclusions on the globality of the control. Mode coupling and energy transfer is investigated by means of wavelet bicoherence.

P 21: Poster: Plasma-Wall Interaction

Time: Monday 16:00–18:00

Location: Lichthof

P 21.1 Mo 16:00 Lichthof

De-excitation of metastable nitrogen molecules on surfaces - Quantum kinetic modeling — ●JOHANNES MARBACH, FRANZ XAVER BRONOLD, and HOLGER FEHSKE — Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, 17489 Greifswald, Germany

Secondary electrons emitted from plasma boundaries are generally very important for the operation of a gas discharge. There is for instance experimental evidence that the stability of the diffusive mode of dielectric barrier discharges is controlled by seed electrons at the electrodes [1]. However, up to now it is not clear how these electrons are made available on the microscopic scale. One possibility is the de-excitation of metastables at the boundary with subsequent release of electrons. To model this intrinsic non-equilibrium process we employ the Keldysh Green's function technique which in principle enables us to calculate the de-excitation probability of the metastable molecules as well as the number of electrons emitted from the surface. As a preparatory step we investigate the de-excitation of metastable nitrogen $A^3\Sigma_u^+$ molecules impacting on an ideal aluminium surface. For this special situation there is detailed experimental and theoretical data available which we use to validate our methodology.

[1] R. Brandenburg, V. A. Maiorov, Yu. B. Golubovskii, H.-E. Wagner, J. Behnke and J. F. Behnke, Diffuse barrier discharges in nitrogen with small admixtures of oxygen: discharge mechanism and transition to the filamentary regime. *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 38:2187, 2005

P 21.2 Mo 16:00 Lichthof

Phonon-mediated adsorption and desorption of electrons at surfaces — ●RAFAEL LESLIE HEINISCH, FRANZ XAVER BRONOLD, and HOLGER FEHSKE — Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, 17489 Greifswald, Germany

Adsorption and desorption of charged particles on plasma boundaries are important processes, because they regulate the charge balance on the boundary and thereby also influence the properties of the bulk plasma. We present an exploratory calculation of the electronic desorption time and sticking coefficient from a kinetic rate equation for phonon-mediated physisorption at dielectric surfaces. Electrons can be temporarily bound to the surface in a polarisation-induced surface potential. Their energy relaxation at the surface is enabled by surface vibrations whose energy scale is the Debye energy. Depending on the depth of the surface potential with respect to the Debye energy, multiphonon processes can be important for physisorption. We show that the classification of the potential depth and bound state level spacing

in terms of Debye energies is paramount for a scenario of sticking and desorption and present results taking one and two phonon processes into account.

P 21.3 Mo 16:00 Lichthof

Die Temperatur von Mikropartikeln in einem Niederdruckplasma — ●HORST MAURER¹, RALF BASNER² und HOLGER KERSTEN¹ — ¹IEAP University of Kiel, Leibnizstraße 11-19, D-24098 Kiel — ²INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, D-17489 Greifswald

Die Oberflächentemperatur von Substraten spielt in technischen Plasmen, in denen es um Beschichtung oder Modifizierung der Oberflächeneigenschaften geht, eine fundamentale Rolle. Diese wird durch verschiedene Energieflüsse zwischen Substrat und Plasma bestimmt, deren Zusammensetzung von den Plasmaparametern abhängt [1].

In dieser Arbeit werden mikrodisperse Leuchtstoffpartikel als Temperatursonden in einem Plasma eingesetzt. Sie erlauben die Bestimmung der Gleichgewichtstemperatur auf optischem Wege [2]. Die Partikel werden in der Randschicht des Plasmas eingefangen, die durch eine externe Strahlungsquelle angeregte Lumineszenz wird anschließend spektroskopisch erfasst und durch einen Vergleich mit Kalibrierspektren ausgewertet.

Es werden Ergebnisse für die Partikeltemperatur unter verschiedenen Plasmabedingungen in Argon und unter Beimischung von Molekulargasen vorgestellt, und im Bezug auf die konkreten Plasmaparameter diskutiert.

[1] H. Kersten, D. Rohde, H. Steffen, H. Deutsch, R. Hippler, G. Swinkels and G. Kroesen, *Appl. Phys. A* 72:531-540 (2001).

[2] H. Maurer, R. Basner and H. Kersten, *Rev.Sci.Instr.* 79,9:093508 (2008)

P 21.4 Mo 16:00 Lichthof

W behaviour in N₂ seeded discharges in ASDEX Upgrade — ●R. NEU¹, R. DUX¹, A. JANZER¹, A. KALLENBACH¹, R. McDERMOTT¹, H.W. MÜLLER¹, S. POTZEL¹, T. PÜTTERICH¹, M. SERTOLI¹, G. VAN ROOIJ², and ASDEX UPGRADE TEAM¹ — ¹MPI für Plasmaphysik, EURATOM Association, D 85748 Garching — ²FOM-Institute for Plasma Physics Rijnhuizen, Assoc. Euratom-FOM, Trilateral Euregio Cluster, 3430 BE, Nieuwegein, NL

Radiative cooling is an important tool to lower the power loads to plasma facing components. Amongst the different species used, nitrogen has been shown to provide the best cooling effect in ASDEX Upgrade discharges, while maintaining or even improving the confinement. Depending on the background plasma density and the divertor

temperature a reduction or increase of the W sputtering yield compared to the unseeded phases was observed. In discharges with very high density, divertor plasma temperatures below 5 eV can be achieved leading to a complete suppression of the W sputtering. The W influx is a necessary prerequisite for the central W concentration (c_W), nevertheless it has been shown that c_W is mainly governed by transport.

Although the energy confinement increases often in N₂ seeded discharges no strong increase in c_W is observed and there are no signs of central density peaking and W accumulation. Moreover the sustained regular ELM activity prevents a strong inward transport of W across the pedestal region.

P 22: Poster: Theory/Modelling II

Time: Thursday 16:00–18:00

Location: Lichthof

P 22.1 Th 16:00 Lichthof

Beschleunigungsprozesse in Laserplasmen - kinetische Simulationen — ●PATRICK KILLIAN, URS GANSE, THOMAS BURKART und FELIX SPANIER — Astronomie Uni Würzburg

Wir haben Particle-in-Cell-Simulationen durchgeführt, sowohl für Laser Wakefield Beschleunigung als auch für Surfatron-Beschleunigung und stellen die Ergebnisse für Teilchenbeschleunigung und Felderzeugung hier vor.

P 22.2 Th 16:00 Lichthof

Simulation and analytical analysis of 3D plasma edge region regarding toroidal symmetry breaking block limiters — ●FELIX HASENBECK^{1,2}, HEINKE FRERICHS³, DETLEV REITER², and YÜHE FENG⁴ — ¹RWTH Aachen University, Aachen — ²Institut für Energieforschung 4 - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich — ³German Research School for Simulation Sciences, Jülich — ⁴Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Greifswald

It is foreseen that ITER will employ a number of block limiters during start-up and ramp-down phases. Due to the loss of toroidal symmetry fully 3D transport simulations have been done to determine plasma characteristics in the edge region. It was shown [1] that calculations of heat loads and surface temperatures based on an approximate analytical plasma description mostly complied with simulation results.

In order to capture all physical details of these 3D configurations the Monte Carlo code EMC3-EIRENE has been extended to enable flexible treatment of block limiters. A connection length atlas for 3D limiters is being set up and the effects of different forms and positions on the field line structure and the plasma transport have been studied. Based on this work a comparison of the simulation results with predictions of semi-analytical models will be presented as well as corrections to increase the accuracy of these reduced models. In this context the magnetic topology presented in [1] for a particular ITER reference case could be confirmed.

[1] Kobayashi, M. et al, *Nucl. Fusion*, **47** (2007), 61-73

P 22.3 Th 16:00 Lichthof

Thermodynamic Theory of Spherically Trapped Coulomb Clusters — JEFFREY WRIGHTON¹, JAMES DUFTY¹, ●HENNING BRUHN², HANNO KÄHLERT², and MICHAEL BONITZ² — ¹Department of Physics, University of Florida, Gainesville, FL 32611 — ²TAP, Christian-Albrechts Universität zu Kiel, 24098 Kiel

The radial density profile of a finite number of identical charged particles confined in a harmonic trap is computed over a wide ranges of temperatures (Coulomb coupling) and particle numbers. At low temperatures these systems form a Coulomb crystal with spherical shell structure which has been observed in ultracold trapped ions and in dusty plasmas. The shell structure is readily reproduced in simulations. However, analytical theories which used a mean field approach [1] or a local density approximation [2] have, so far, only been able to reproduce the average density profile. Here we present an approach to Coulomb correlations based on the hypernetted chain approximation with additional bridge diagrams. It is demonstrated that this model reproduces the correct shell structure within a few percent and provides the basis for a thermodynamic theory of Coulomb clusters in the strongly coupled fluid state [3,4].

[1] C. Henning *et al.*, *Phys. Rev. E* **74**, 056403 (2006)

[2] C. Henning *et al.*, *Phys. Rev. E* **76**, 036404 (2007)

[3] J. Wrighton, J. W. Dufty, H. Kählert, and M. Bonitz, accepted for publication in *Phys. Rev. E*, arXiv:0909.0775

[4] J. Wrighton, J. W. Dufty, M. Bonitz, and H. Kählert, *Contrib. Plasma Phys.* (2009)

P 22.4 Th 16:00 Lichthof

Modeling of massive gas injection in tokamaks — ●MIKHAIL KOLTUNOV, MIKHAIL TOKAR, and MICHAEL LEHNEN — Institut für Energieforschung – Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, Association FZJ–Euratom, Trilateral Euregio Cluster, Germany

Heat losses and energetic runaway electrons generated by plasma disruptions can lead in future fusion reactors to intolerable wall erosion and mechanical forces on the vessel. In order to soften consequences of disruptions, provide a controllable and safe ending of discharges, and prevent machine damage massive injection of different neutral gases is used.

In this contribution the first modeling results of gas injection impacts on the local plasma behavior are presented. For this purpose a quasi 2-D fluid model is developed to describe the transport of both, very locally injected impurity neutrals and impurity ions generated by ionization, and their effects on the background plasma. The model allows to analyze the main impacts of the injected particles on the plasma caused by the production of electrons by impurity ionization, generation of intensive electric fields, cooling of electrons by radiation losses, friction forces on main ions by coulomb collisions, etc. The modification of the plasma state affects the impurity penetration process itself and this is taken self-consistently into account. One of the important problems discussed in the contribution is the selection of proper boundary conditions for the parallel momentum equations for the main and impurity ions both in the scrape-off layer, where the plasma is bounded by the limiter, and in the confined volume.

P 22.5 Th 16:00 Lichthof

Stability of relativistic superluminal solitons — ●GÖTZ ALEXANDER LEHMANN and KARL-HEINZ SPATSCHKE — Heinrich Heine Universität, Düsseldorf, Germany

The nonlinear interaction of a relativistically intense linearly polarized laser beam with a cold plasma can give rise to superluminal solitons. Within a one-dimensional description the superluminal solitons with phase velocity $\beta > c$ are solutions to the famous Akhiezer-Polovin equations.

The model starts with the Maxwell-fluid equations describing the interaction of relativistic electromagnetic fields with the cold plasma fluid. Assuming a constant phase velocity, they reduce to coupled nonlinear oscillator equations in the co-moving frame. These equations are of Hamiltonian form. Possible solutions to the oscillators can be discussed with the help of Poincaré plots. Different kinds of solutions can be classified, e.g. periodic, quasiperiodic, chaotic or solitonic structures. The superluminal solitons are represented by the separatrix and consist of relativistic longitudinal and transversal oscillations.

We discuss the linear stability of superluminal solitons with respect to perturbed initial conditions for a broad range of parameters. Since the solitons are not available in analytic form, we use a numerical scheme to perform the stability analysis. It is found that the solutions are always unstable. The possible implications of the linear instability for the nonlinear regime are outlined.

P 22.6 Th 16:00 Lichthof

Dynamics of strongly correlated ions in a partially ionized quantum plasma — ●PATRICK LUDWIG¹, MICHAEL BONITZ¹, HANNO KÄHLERT¹, and JAMES W. DUFTY² — ¹Institut für Theoretische Physik und Astrophysik, Christian-Albrechts-Universität Kiel — ²Department of Physics, University of Florida, Gainesville (USA)

A scheme which allows to compute the dynamics of strongly correlated classical ions embedded into a partially ionized quantum plasma by first principles molecular dynamics is presented. The dynamically screened dust approach of Joyce and Lampe [*Phys. Rev. Lett.* **88**, 095006 (2002)] is generalized to quantum systems. The electrons are treated fully quantum-mechanically taking into account their dynam-

ical screening of the ion-ion interaction in linear response on the basis of an extended Mermin formula. The scheme allows to include the effect of the electron dynamics, electron streaming, wake effects and electron magnetization.

P 22.7 Th 16:00 Lichthof
Static and Dynamic Structure Factors with Account of the Ion Structure for High-temperature Alkali and Earth-alkali Plasmas — ●SALTANAT POLATOVNA SADKOVA¹, WERNER EBELING¹, and IGOR MIJAIL TKACHENKO² — ¹Institut für Physik, Humboldt Universität zu Berlin, Newtonstr. 15, 12489 Berlin, Germany — ²Department of Applied Mathematics, Polytechnic University of Valencia, 46022 Valencia, Spain

The structure factors (SF) are the fundamental quantities that describes the X-ray scattering cross-section in a plasma. The recent work

(G. Gregori et al. Phys. Rev. E **74**, 026402 (2006)) has shown that the technique, developed in the classical work of Bogoljubow for determination of the screened Deutsch potential for point-like charges, provides good expressions of SF even for moderately coupled plasmas. However, it is of high interest to take into account the ion shell structure. We calculate the $e-e$, $e-i$, $i-i$ and charge-charge static structure factors for Alkali (Li^+ , Na^+ , K^+ , Rb^+ , Cs^+) at $T \geq 30000\text{K}$ and Be^{2+} at $T \geq 100000\text{K}$ plasmas using the method described by G. Gregori et al. We also study the dynamic structure factors for Alkali plasmas using the Adamjans' et al method (S. V. Adamjan et al., Phys. Rev. E **48**, 2067 (1993)). For determination of the static and dynamic structure factors we use the screened Hellmann-Gurskii-Krasko potential which takes into an account not only the quantum-mechanical effects but also the ion shell structure (S. Sadykova, Contr. Plasma Phys. **49**, 76 (2009)). The results show that at high coupling the ion structure plays significant role and must be taken into account.

P 23: Poster: Miscellaneous

Time: Thursday 16:00–18:00

Location: Lichthof

P 23.1 Th 16:00 Lichthof
Magnetspektrometer zur Untersuchung des niederenergetischen Elektronenanteils bei der Laser-Protonen-Beschleunigung — ●SIMON BUSOLD, FRANK NÜRNBERG, KNUT HARRIS und MARKUS ROTH — Institut für Kernphysik, Technische Universität Darmstadt, Germany

Die Kollimierung von lasererzeugten Protonenstrahlen ist ein aktuelles Thema der Laser-Teilchen-Beschleunigung. Dazu wird der Einsatz von gepulsten Magnetspulen untersucht. Mitbewegte Elektronen beeinflussen hier direkt das Strahlverhalten. Da über diese noch keine ausreichenden experimentellen Daten vorliegen, wurden bei Laser-Protonen-Beschleunigungsexperimenten am PHELIX Laser des GSI Helmholtz-zentrums für Schwerionenforschung, Darmstadt, ein kalibriertes Elektronenspektrometer für den relevanten Energiebereich [1 bis 20 keV] eingesetzt, die gewonnenen Daten analysiert und als Eingaben für Simulationsrechnungen bereitgestellt.

P 23.2 Th 16:00 Lichthof
Kinetic Monte-Carlo simulations of cluster growth and diffusion of metal atoms in Polymers — ●LASSE ROSENTHAL, ALEXEJ FILINOV, and MICHAEL BONITZ — Institut für Theoretische Physik und Astrophysik, Leibnitzstraße 15, 24098 Kiel

Metallized polymers offer a broad range of applications in many fields of technology[1]. Therefore a detailed understanding of the metallization and the underlying processes has to be available.

We present a kinetic Monte-Carlo approach to a simple model of the diffusion of metal clusters on a polymer substrate[2]. The time development of the diffusion process and the dependence of characteristic parameters like the distribution of the cluster size and penetration profiles on the surface diffusivity and the deposition rate of the metal atoms are presented and discussed.

[1] F. Faupel, V. Zaporozhchenko et al., Contrib. Plasma Phys. **47**, No. 7, 537-544 (2007)

[2] A. Thran, F. Faupel, DDF Vols. 143-147 903-908 (1997)

P 23.3 Th 16:00 Lichthof
Erzeugung und Charakterisierung stationärer, laser-induzierter Plasmen zur Reduktion des Wellenwiderstands im Überschallflug — ●DAVID SPERBER und HANS-ALBERT ECKEL — Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Institut für Technische Physik, Stuttgart, Deutschland

Die Energiedeposition durch laser-induzierte Plasmen gilt als vielversprechende Methode der aktiven Beeinflussung einer Überschallströmung. Dieser bisher ausschließlich durch gepulste Lasersysteme eingebrachte, thermisch modifizierte Strömungszustand verändert die auftretenden Verdichtungsstöße und führt nachweislich zur Reduktion des Wellenwiderstands. Die Realisation und Erprobung einer zeitlich konstanten, optischen Strömungsbeeinflussung steht im Zentrum dieser Projektversuche. Der hierfür notwendige stationäre Energieeintrag erfolgt unter ungestörten Laborbedingungen durch die Überlagerung einer Vorionisation mit einem kontinuierlichen, infraroten Gaslaser. Hierbei dokumentieren die Untersuchungen einen stabilen plasmadynamischen Zustand im Medium Argon für einen Druckbereich von 1,5 bis 5 bar. Die maximale Leistungsdichte des cw-CO₂-Lasers beträgt 8 MW/cm², bezogen auf einen Fokusbereich von 80 µm. Durchgeführte Variationen der gasdynamischen und energetischen Parameter grenzen den erzeugten Gleichgewichtszustand aufgrund des Absorptionsverhaltens und der Verluste des angeregten Plasmavolumens ein. Die räumliche und zeitliche Charakterisierung der Plasmaentwicklung bis hin zum Gleichgewichtszustand beruht auf interferometrischen und spektroskopischen Messtechniken.

P 23.4 Th 16:00 Lichthof
Laser driven ion acceleration using isolated mass-limited spheres — ●KARSTEN GÖRLING¹, THOMAS SOKOLLIK¹, TIM PAASCH-COLBERG¹, ULLI EICHMANN^{1,2}, MATTHIAS SCHNÜRER¹, WOLFGANG SANDNER^{1,2}, and ALEXANDER ANDREEV³ — ¹Max Born Institut, Max-Born-Str. 2a, D-12489 Berlin, Germany — ²TU Berlin, Institut für Optik und Atomare Physik — ³Vavilov State Optical Institute, St. Petersburg, Russia

We have investigated laser driven ion acceleration using mass limited isolated targets. In order to remove the influence from any adjacent objects we store single glass spheres of a diameter about 15 microns or single lycophyte spores with a diameter of about 24 micro in a modified Paul trap. The MBI high field TiSA Laser is focused on the target with an intensity about $5 \cdot 10^{19}\text{W/cm}^2$. The accelerated protons and ions are analyzed in a Thomson spectrometer. We present first experimental results of proton and ion energies which are limited to 1MeV and show monoenergetic features. The experimental results are compared with 2D-PIC simulations and an analytical model.

This work is partly supported by the DFG SFB/ Transregio 18 project.