

Fachverband Plasmaphysik (P)

Bernhard Unterberg
 Institut für Energie- und Klimaforschung - Plasmaphysik
 Forschungszentrum Jülich GmbH
 52425 Jülich
 b.unterberg@fz-juelich.de

Übersicht der Hauptvorträge und Fachsitzungen

(Hörsäle H 2, H 3 und H 6; Poster EG)

Hauptvorträge

P 3.1	Mo	14:00–14:30	HS 3	Hochpräzisions-Messungen des radialen elektrischen Feldes am Plasmarand von ASDEX Upgrade — •ELEONORA VIEZZER, THOMAS PÜTTERICH, CLEMENTE ANGIONI, ANDREAS BERGMANN, GARRARD D. CONWAY, RALPH DUX, EMILIANO FABLE, TIM HAPPEL, RACHAEL M. MCDERMOTT, MATTHIAS WILLENSDORFER, ELISABETH WOLFRUM
P 3.2	Mo	14:30–15:00	HS 3	Fast-ion transport studies using FIDA spectroscopy at the ASDEX Upgrade tokamak — •BENEDIKT GEIGER, MANUEL GARCIA-MUNOZ, RALPH DUX, RACHAEL MCDERMOTT, GIOVANNI TARDINI, JÖRG HOBIRK
P 4.1	Mo	16:30–17:00	HS 2	Mikrowellenplasmen bei Atmosphärendruck — •MARTINA LEINS, JOCHEN KOPECKI, SANDRA GAISER, ANDREAS SCHULZ, MATTHIAS WALKER, ULRICH STROTH, THOMAS HIRTH
P 5.1	Mo	16:30–17:00	HS 3	Erzeugung intensiver Neutronenstrahlen aus Laserplasmen unter der Verwendung relativistischer Transparenz — •MARKUS ROTH
P 5.5	Mo	17:45–18:15	HS 3	Excitation spectrum of nonideal quantum systems from first-principle thermodynamic simulations — •ALEXEY FILINOV, MICHAEL BONITZ
P 6.1	Di	14:00–14:30	HS 3	Off-diagonal transport in tokamak plasmas, the bridge from theory to experiments and from microscopic to macroscopic — •CLEMENTE ANGIONI
P 6.2	Di	14:30–15:00	HS 3	MHD Simulations of Edge Localized Modes in ASDEX Upgrade — •MATTHIAS HÖLZL, ISABEL KREBS, KARL LACKNER, SIBYLLE GÜNTER, GUIDO HUYSMANS, RONALD WENNINGER, THE ASDEX UPGRADE TEAM
P 7.1	Di	16:30–17:00	HS 3	Puls aufgelöste schnelle Messungen der Wachstumsrate in HIPIMS-Plasmen — FELIX MITSCHKER, MARINA PRENZEL, JAN BENEDIKT, •CHRISTIAN MASZL, ACHIM VON KEUDELL
P 8.1	Mi	14:00–14:30	HS 2	Diagnostics for laser-driven plasma accelerators — •MALTE KALUZA
P 9.1	Mi	14:00–14:30	HS 3	Waves and normal modes in magnetized strongly correlated plasmas — •HANNO KÄHLERT, TORBEN OTT, JAN CARSTENSEN, ALEXI REYNOLDS, MICHAEL BONITZ, GABOR J. KALMAN, HARTMUT LÖWEN, FRANKO GREINER, ALEXANDER PIEL
P 13.1	Do	11:15–11:45	HS 3	Microphysics of charge transfer across the plasma wall — •FRANZ XAVER BRONOLD, RAFAEL L. HEINISCH, JOHANNES MARBACH, HOLGER FEHSKE
P 13.2	Do	11:45–12:15	HS 3	Modellierung eines rf-angeregten Plasmajets — •FLORIAN SIGENER, JAN SCHÄFER, RÜDIGER FOEST, DETLEF LOFFHAGEN, KLAUS-DIETER WELTMANN
P 20.1	Do	16:30–17:00	HS 5	Nichtthermische Plasma-Anwendung für saubere, nachhaltige Verbrennungsprozesse — •THOMAS HAMMER
P 20.2	Do	17:00–17:30	HS 5	An efficient procedure to identify and quantify new molecules for insulating gas mixtures — •CHRISTIAN M. FRANCK, DOMINIK A. DAHL, MOHAMED RABIE
P 21.1	Do	16:30–17:00	HS 3	Computersimulationen von Plasmen in teilweise chaotischen Magnetfeldern — •HEINKE FRERICHS, DETLEV REITER, OLIVER SCHMITZ, YÜHE FENG
P 22.1	Fr	9:45–10:15	HS 2	Physical processes in the afterglow of pulsed low-pressure discharges in argon — •TSANKO V. TSANKOV, YUSUF CELIK, DIRK LUGGENHÖLSCHER, UWE CZARNETZKI, MITSUTOSHI ARAMAKI, SHINJI YOSHIMURA

Hauptvorträge des fachübergreifenden Symposiums SYOS

Das vollständige Programm dieses Symposiums ist unter SYOS aufgeführt.

SYOS 1.2	Di	11:10–11:50	HS 2	Plasma und optische Technologien: PluTO — ●NORBERT KAISER
SYOS 1.3	Di	11:50–12:20	HS 2	Entspiegelung von Oberflächen durch plasmageätzte Nanostrukturen — ●ULRIKE SCHULZ
SYOS 1.4	Di	12:20–12:50	HS 2	Untersuchungen an PIAD Schichten — ●OLAF STENZEL, STEFFEN WILBRANDT, DIETER GÄBLER, NORBERT KAISER, JENS HARHAUSEN, RÜDIGER FOEST, ANDREAS OHL
SYOS 2.1	Di	14:00–14:30	HS 2	Diagnostik und Steuerung von PIAD-Prozessen — ●JENS HARHAUSEN, RÜDIGER FOEST, ANDREAS OHL, DIETER GÄBLER, NORBERT KAISER, OLAF STENZEL, STEFFEN WILBRANDT, RALF-PETER BRINKMANN, BENJAMIN SCHRÖDER, ROBERT STORCH, TIM STYRNOLL
SYOS 2.2	Di	14:30–15:00	HS 2	Charakterisierung beschichtender Plasmen — ●PETER AWAKOWICZ
SYOS 2.3	Di	15:00–15:30	HS 2	Plasmadiagnostik und Prozessüberwachung mit der Multipolresonanzsonde — ●RALF PETER BRINKMANN, MICHAEL FRIEDRICHS, MARTIN LAPKE, JENS OBERRATH, CHRISTIAN SCHULZ, ROBERT STORCH, TIM STYRNOLL, PETER AWAKOWITZ, THOMAS MUSSENBRÖCK, THOMAS MUSCH, ILONA ROLFES
SYOS 2.4	Di	15:30–16:00	HS 2	Analyse des Ionenstrahlerstäubens mittels Plasmadiagnostik — ●CARSTEN SCHMITZ
SYOS 3.1	Di	16:30–17:00	HS 4	Design von amorphen optischen Schutzschichten mittels Multiskalenmodellierung — ●THOMAS FRAUENHEIM

Hauptvorträge des fachübergreifenden Symposiums SYPA

Das vollständige Programm dieses Symposiums ist unter SYPA aufgeführt.

SYPA 1.1	Di	16:30–17:00	HS 2	Magnetic Reconnection and Stochastic Plasmoid Chains in High-Lundquist-number Plasmas — ●NUNO LOUREIRO
SYPA 1.2	Di	17:00–17:30	HS 2	Self-regulated evolution of the multi-phase interstellar medium in galaxies — ●ANDREAS BURKERT
SYPA 1.3	Di	17:30–18:00	HS 2	Turbulence in the Circumgalactic and Intergalactic Medium — ●JENS NIEMEYER
SYPA 1.4	Di	18:00–18:30	HS 2	Contributions of the VKS experiment to dynamo research — ●JEAN-FRANÇOIS PINTON

Fachsitzungen

P 1.1–1.1	Mo	9:30–11:00	HS 2	Tutorial
P 2.1–2.6	Mo	14:00–16:00	HS 2	Komplexe und Staubige Plasmen I
P 3.1–3.5	Mo	14:00–15:55	HS 3	Magnetischer Einschluss I
P 4.1–4.8	Mo	16:30–18:45	HS 2	Plasmatechnologie I
P 5.1–5.7	Mo	16:30–18:45	HS 3	Laserplasmen und Quantenplasmen
P 6.1–6.5	Di	14:00–15:45	HS 3	Magnetischer Einschluss II
P 7.1–7.7	Di	16:30–18:40	HS 3	Niedertemperaturplasmen I
P 8.1–8.5	Mi	14:00–15:30	HS 2	Plasmadiagnostik I
P 9.1–9.6	Mi	14:00–15:55	HS 3	Komplexe und Staubige Plasmen II
P 10.1–10.18	Mi	16:30–18:30	Poster EG	Poster: Plasmadiagnostik
P 11.1–11.18	Mi	16:30–18:30	Poster EG	Poster: Niedertemperaturplasmen
P 12.1–12.7	Do	11:15–13:00	HS 2	Plasmadiagnostik II
P 13.1–13.5	Do	11:15–13:00	HS 3	Theorie und Modellierung von Niedertemperaturplasmen I
P 14.1–14.13	Do	14:00–16:00	Poster EG	Poster: Komplexe und Staubige Plasmen
P 15.1–15.2	Do	14:00–16:00	Poster EG	Poster: Laserplasmen und Quantenplasmen
P 16.1–16.4	Do	14:00–16:00	Poster EG	Poster: Plasma- Wand- Wechselwirkung
P 17.1–17.4	Do	14:00–16:00	Poster EG	Poster: Magnetischer Einschluss
P 18.1–18.7	Do	14:00–16:00	Poster EG	Poster: Plasmatechnologie
P 19.1–19.24	Do	14:00–16:00	Poster EG	Poster: Theorie und Modellierung
P 20.1–20.8	Do	16:30–19:00	HS 5	Plasmatechnologie II
P 21.1–21.8	Do	16:30–18:55	HS 3	Plasma- Wand- Wechselwirkung
P 22.1–22.6	Fr	9:45–11:40	HS 2	Niedertemperaturplasmen II

P 23.1–23.9 Fr 9:45–12:10 HS 3

Theorie und Modellierung von Niedertemperaturplasmen II

Mitgliederversammlung des Fachverbands Plasmaphysik

Mittwoch 13:00–14:00 HS 2

- Bericht
- Wahl
- Verschiedenes

P 1: Tutorial

Zeit: Montag 9:30–11:00

Raum: HS 2

Tutorium

P 1.1 Mo 9:30 HS 2

Plasmaturbulenz: von der linearen Driftwelle zur turbulenten Strukturbildung — •ULRICH STROTH — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, D-85748 Garching

Plasmen existieren häufig weit entfernt von einem thermischen Gleichgewicht. In Sternen oder Fusionsplasmen findet Heizung im Plasmazentrum statt und damit räumlich getrennt von den Energiesenken am Plasmarand. Selbst wenn diese Plasmen in einem magnetohydrodynamischen Gleichgewicht sind, so entwickeln sie doch Instabilitäten auf mikroskopischer Skala und daraus, über die Nichtlinearitäten der Gleichungen, turbulente Zustände. Die mit der Turbulenz verbundenen Fluktuationen in Dichte, Temperatur und elektrostatischem Potential sind letztlich verantwortlich für die beobachteten

Transportprozesse. Untrennbar verbunden ist die Mikroturbulenz mit ihrer Wechselwirkung mit makroskopischen Plasmaströmungen. Dieses faszinierende Wechselspiel kann sowohl in Fusionsplasmen also auch in stellaren Objekten zur spontanen Ausbildung von Transportbarrieren führen. Im Vortrag wird die Driftwelle als Modellsystem für die Turbulenz in Plasmen behandelt. Ausgangspunkt ist die lineare Instabilität. Durch Nichtlinearitäten können chaotische Zustände mit wenigen gekoppelten Moden oder vollentwickelte Turbulenz entstehen. Der Vortrag gibt einen Überblick von der Turbulenzentstehung bis zur selbstorganisierten Bildung von Transportbarrieren. Theoretische Modelle werden experimentellen Ergebnissen gegenübergestellt. Abgerundet wird der Beitrag durch eine Übersicht der relevanten Diagnostiken sowie durch einen Abriss der historischen Entwicklung der Forschung.

P 2: Komplexe und Staubige Plasmen I

Zeit: Montag 14:00–16:00

Raum: HS 2

Fachvortrag

P 2.1 Mo 14:00 HS 2

Transporteigenschaften von finiten 3D Staubclustern — •ANDRÉ SCHELLA¹, MATTHIAS MULSOW¹, ANDRÉ MELZER¹, JAN SCHABLINSKI² und DIETMAR BLOCK² — ¹Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, 17487 Greifswald — ²Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 24098 Kiel

Staubige Plasmen bieten einen Zugang zum Studium der Dynamik stark gekoppelter finiter Systeme. Einmal in eine Gasentladung eingebracht, laden sich mikrometergroße Partikel stark negativ auf. Unter dem Einfluss der abstoßenden Yukawa-Wechselwirkung auf der einen und einem dreidimensionalen Einfang auf der anderen Seite ordnet sich eine Ansammlung solcher Staubpartikel in einer Schalenstruktur an, den sog. Yukawa-Bällen.

In diesem Beitrag werden die spektralen und fluiden Eigenschaften von lasergeheizten Yukawa-Bällen mit Hilfe der Methode der instantanen Normalmoden (INM) diskutiert. Die INM-Analyse bietet die Möglichkeit, Diffusionskoeffizienten und Schmelztemperaturen der finiten Staubcluster abzuleiten. Das Konzept der Konfigurationsentropie als Maß der Häufigkeit von Platzwechseln bietet darüber hinaus die Möglichkeit, die enge Verknüpfung zwischen diffusivem Transport und damit einhergehenden Konfigurationsänderungen herauszuarbeiten. Diese Arbeit wird gefördert durch den SFB TR-24, Teilprojekt A3 und der International Helmholtz Graduate School for Plasma Physics (HEPP).

correlated dust clouds in a partially ionized complex plasma. In order to correctly describe the complex interplay of the experimental parameters (a) pressure, (b) rf-power and (c) ion flow velocity on the self-organized particle arrangement, we have to go beyond a simple Yukawa approximation. Our dynamical screening approach [1] provides the sound basis for a systematic exploration of the structural transition from a repulsive Yukawa-like particle-particle interaction at high pressure to a regime where plasma streaming leads to (i) fundamental structural changes, and (ii) to a wake-induced destabilization and melting of the highly correlated many-particle state. Our theoretical results are systematically compared with recent experiments [2]. As an insightful tool for the detailed analysis of the multi-step transition between the liquid and solid phase we use the three-particle correlation function.

- [1] Ludwig et al., Plas. Phys. Contr. Fusion **54**, 045011 (2012)
- [2] A. Schella et al., Phys. Rev. E **84**, 056402 (2011)

P 2.4 Mo 15:05 HS 2

Dreidimensionale Einzelteilchendynamik in Staubbichtewellen — •MICHAEL HIMPEL¹, CARSTEN KILLER¹, BIRGER BUTTENSCHÖN², ANDRÉ MELZER¹, KRISTOFFER OLE MENZEL³, TIM BOCKWOLDT³ und ALEXANDER PIEL³ — ¹Institut für Physik, Universität Greifswald, 17489 Greifswald — ²MPI für Plasmaphysik, 17491 Greifswald — ³IEAP, Universität Kiel, 24098 Kiel

In einer RF-Entladung eingefangene Staubpartikel bilden unter Schwerkraft ausgedehnte, dreidimensionale Staubsysteme, in denen Staubbichtewellen propagieren können. Durch stereoskopische Messungen mit drei CCD-Kameras wurden die dreidimensionalen Trajektorien einzelner Teilchen der Staubbichtewelle rekonstruiert.

Um auch in Bereichen hoher Staubbichte einzelne Teilchen über eine große Aufnahmedauer hinweg verfolgen zu können, wurde durch die Beimischung und Beobachtung von fluoreszenten Partikeln die sichtbare Staubmenge reduziert. So konnte erstmals auch die Einzelteilchendynamik in der Staubbichtewelle selbst untersucht werden.

Es werden grundlegende Analysen von Messungen auf Parabelfügen gezeigt. Außerdem wird diskutiert, inwiefern die fluoreszenten Partikel aussagekräftige Repräsentanten des gesamten Teilchenensembles sind und wie auf kollektive Eigenschaften geschlossen werden kann.

Fachvortrag

P 2.5 Mo 15:20 HS 2

Simple model for particle charging in drifting collisional plasmas — •SERGEY KHRAPAK — Max-Planck-Institut fuer extraterrestrische Physik

The effect of ion-neutral collisions on particle charging in complex plasmas has received considerable attention over the last decade. A number of experiments and numerical simulations have been performed. Various analytical approximations are also available. Most of these studies however concentrated on isotropic plasma conditions. At the same time, ion flows are often present in realistic situations. It would therefore be desirable to have a model that accounts for both ion-neutral collisions and ion drifts. In this work I address this issue and propose a simple heuristic expression for the ion flux collected by a small

P 2.2 Mo 14:25 HS 2

Stereoskopische Untersuchungen an Partikelketten — •CHRISTIAN SCHMIDT und ALEXANDER PIEL — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität Kiel, Leibnizstraße 19, 24098 Kiel, Germany

Für eine vollständige Beschreibung der Interpartikelwechselwirkungen innerhalb von Staubwolken sind die 3D-Koordinaten aller Partikel notwendig. Diese können z.B. durch einen stereoskopischen Aufbau bestimmt werden. In diesem Beitrag werden mit Hilfe eines solchen Aufbaus kleine dreidimensionale Staubwolken und einzelne Partikelketten untersucht. Dazu wird in einer Parallelplatten-Hochfrequenz-Entladung eine sekundäre Plasmaentladung gezündet. Diese zeichnet sich durch eine sphärische Leuchterscheinung unterhalb des primären Plasmas aus und wird durch eine zusätzliche, positiv vorgespannte "Pixel"-Elektrode erzeugt. Der Einschluss der Teilchen im anodischen Plasma und die Wechselwirkungskräfte werden anhand von extern angeregten Oszillationen untersucht und mit Modellvorstellungen verglichen.

Gefördert durch SFB TR24/A2.

Fachvortrag

P 2.3 Mo 14:40 HS 2

Multi-scale simulation of strongly correlated dust particles in a partially ionized complex plasma — •PATRICK LUDWIG¹, ANDRÉ SCHELLA², ANDRÉ MELZER², and MICHAEL BONITZ¹ — ¹Inst. für Theo. Phys. und Astrophysik, Universität Kiel — ²Institut für Physik, Universität Greifswald

This talk is devoted to a multi-scale simulation approach for strongly

sphere in a drifting collisional plasma. The model is checked against available numerical and experimental results. In most cases reasonable agreement is observed.

P 2.6 Mo 15:45 HS 2

Paramagnetische Staubpartikel in RF-Plasmen in schwachen externen Magnetfeldern — ●MARIAN PUTTSCHER und ANDRÉ MELZER — Institut für Physik, Universität Greifswald, 17487 Greifswald

Dieser Beitrag zeigt experimentelle Untersuchungen zu staubigen Plasmen, die paramagnetische Staubpartikel enthalten. Maßgeblich für

solche Staubpartikel sind die Yukawa-Wechselwirkung untereinander und das Einfangpotential. In unseren Experimenten werden homogene als auch inhomogene externe Magnetfelder im mT-Bereich verwendet, um weitere Wechselwirkungen "einzuschalten", nämlich eine magnetische Dipol-Dipol-Wechselwirkung der Teilchen untereinander oder grad-B-Kräfte. Untersucht werden zweidimensionale Partikelsysteme, aber auch einzelne Staubpartikel, welche in der Randschicht der Entladung eingebettet sind. Im externen Magnetfeld zeigen die paramagnetischen Partikel ein deutlich anderes Verhalten als Melamin-Formaldehyd-Partikel, welche im Bereich der kolloidalen Plasmen breite Verwendung finden.

P 3: Magnetischer Einschluss I

Zeit: Montag 14:00–15:55

Raum: HS 3

Hauptvortrag

P 3.1 Mo 14:00 HS 3

Hochpräzisions-Messungen des radialen elektrischen Feldes am Plasmarand von ASDEX Upgrade — ●ELEONORA VIEZZER, THOMAS PÜTTERICH, CLEMENTE ANGIONI, ANDREAS BERGMANN, GARRARD D. CONWAY, RALPH DUX, EMILIANO FABLE, TIM HAPPEL, RACHAEL M. McDERMOTT, MATTHIAS WILLENSDORFER und ELISABETH WOLFRUM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, 85748 Garching b. München

Das radiale elektrische Feld spielt eine fundamentale Rolle für die Turbulenzunterdrückung und den Aufbau der Randtransportbarriere in der H-mode eines Fusionsplasmas. Am Tokamak ASDEX Upgrade wurden neue optische Diagnostiken an der Innen- und an der Außenseite installiert um das radiale elektrische Feld, E_r , mithilfe der radialen Kraftbilanz von Verunreinigungsionen zu bestimmen. Die Messungen beruhen auf Ladungsaustauschspektroskopie im sichtbaren Spektralbereich. Diese neuen Diagnostiken ermöglichen die Messung zeitlich (1.9 ms) und radial (5 mm) hochaufgelöster Profile der poloidalen Rotation, Ionentemperatur und Verunreinigungsdichte. In Kombination mit den Messungen der toroidalen Beobachtungsrichtungen kann das E_r Profil direkt aus den Messdaten bestimmt werden, sowohl an der äußeren Niederfeldseite als auch an der inneren Hochfeldseite.

Mithilfe dieser Messungen konnte experimentell nachgewiesen werden, dass am Plasmarand die Gradienten der Hauptionspezies für das starke E_r verantwortlich sind.

Hauptvortrag

P 3.2 Mo 14:30 HS 3

Fast-ion transport studies using FIDA spectroscopy at the ASDEX Upgrade tokamak — ●BENEDIKT GEIGER, MANUEL GARCIA-MUNOZ, RALPH DUX, RACHAEL McDERMOTT, GIOVANNI TARDINI, and JÖRG HOBIK — Max-Planck Institut für Plasma Physik, Garching

The confinement of fast-ions generated by neutral beam injection (NBI) has been investigated experimentally in the ASDEX Upgrade tokamak using fast-ion D-alpha (FIDA) spectroscopy. This technique is based on the observation of Doppler shifted Balmer alpha radiation emitted by neutralized fast-ions. Newly installed lines of sight with horizontal and vertical viewing geometries provide information on different parts of the fast-ion phase space.

Due to the good spatial and temporal resolution of the FIDA diagnostic, the effect of magnetic reconnection events linked to sawtooth crashes could be investigated. A radial redistribution of up to 50% of the central fast-ion population has been observed and predictions of the fast-ion redistribution based on the Kadomtsev model show good agreement with the measurement.

In MHD-quietest discharges, the fast-ion transport properties have been studied under different conditions, such as on- and off-axis NBI injection. The FIDA measurements have been compared to simulated fast-ion distribution functions and good agreement has been achieved under the assumption of neo-classical fast-ion diffusion. This indicates that, in the absence of significant MHD-activity, the anomalous fast-ion transport is small and below sensitivity of the diagnostic.

Fachvortrag

P 3.3 Mo 15:00 HS 3

Zonal flow triggers L-H transition in the EAST tokamak — ●PETER MANZ¹, GUOSHENG XU², BAONIAN WAN², HUIQIAN WANG², HOUYANG GUO², ISTVAN CZIEGLER³, NICOLAS FEDORCZAK⁴, CHRIS HOLLAND³, STEFAN MUELLER³, SAIKAT THAKUR³, MIN XU³, PATRICK DIAMOND⁵, and GEORGE TYNAN³ — ¹Max Planck Insti-

tute for Plasma Physics, EURATOM Association, Garching, Germany — ²Institute of Plasma Physics, Chinese Academy of Sciences, Hefei, China — ³Center for Energy Research, University of California at San Diego, USA — ⁴CEA, IRFM, Saint-Paul-Lez-Durance, France — ⁵Center for Astrophysics and Space Science, University of California at San Diego, USA

By inserting a suitably arranged Langmuir probe array inside the separatrix region of the EAST tokamak during an L-H transition the nonlinear energy transfer between the low frequency zonal flow (the predator) and the ambient turbulence (the prey) is studied. A transient increase in the zonal flow and turbulent stress are observed showing the important role of zonal flows in the L-H transition. When the rate of energy transfer into the zonal flow becomes comparable to the power input into the turbulent kinetic energy the turbulent amplitude collapses and the transition into the H-mode occurs.

P 3.4 Mo 15:25 HS 3

Strommessung in Blobfilamenten in TJ-K — ●GOLO FUCHERT¹, BASTIAN BÄTZ¹, MIRKO RAMISCH¹ und ULRICH STROTH² — ¹Institut für Plasmaphysik, Universität Stuttgart — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Garching

Die in der Abschältschicht von Fusionsexperimenten beobachtete radiale Propagation von Blobfilamenten wird durch eine poloidale Polarisierung des Filaments erklärt. Dadurch entstehende elektrische Felder führen zu einer radialen $\mathbf{E} \times \mathbf{B}$ -Drift und damit zu der Propagation der Blobs. Die Polarisierung kann zudem parallel zum Magnetfeld fließende Ströme zur Folge haben. Deren Form hängt davon ab, wie der Stromkreis geschlossen wird. Für den Fall des Abschlusses über eine Limitervorschicht existiert eine analytische Vorhersage für den Strom.

In diesem Beitrag werden Messungen von Parallelströmen in Blobfilamenten im Stellarator TJ-K präsentiert. Die gemessenen Ströme weichen von der Vorhersage ab. Vorangegangene Untersuchungen zu Blobgeschwindigkeiten, die aus ähnlichen Modellen abgeleitet werden, zeigen, dass die Annahmen des Strommodells für TJ-K zu restriktiv sind. Die Erwartung für den Parallelstrom lässt sich entsprechend modifizieren und die Übereinstimmung mit dem Experiment verbessern. Dies zeigt zum Einen, dass aktuelle Blobmodelle eine Vielzahl von Beobachtungen erklären können, zum Anderen ist es eine unabhängige Bestätigung für die Gültigkeit der Modifikationen, die am TJ-K zu einer korrekten Vorhersage der Blobgeschwindigkeiten geführt haben.

P 3.5 Mo 15:40 HS 3

Divertor Wärmefluss in ASDEX Upgrade und JET — ●BERNHARD SIEGLIN¹, MICHAEL RACK², THOMAS EICH¹, GILLES ARNOUX³, ITZIAR BALBOA³, PASCAL DE MARNE¹, ALBRECHT HERRMANN¹ und ANDREA SCARABOSIO¹ — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, Boltzmannstr. 2, 85748 Garching, Germany — ²Institute of Energy and Climate Research - Plasma Physics, Forschungszentrum Jülich GmbH, Association EURATOM-FZJ, Partner in the Trilateral Euregio Cluster, D-52425 Jülich, Germany — ³CCFE, EURATOM-Association, Culham Science Centre, Abingdon, UK

Der Betrieb von ITER sieht als Szenario die sogenannte H-mode vor, welche sich durch einen guten Energieeinschluss auszeichnet. Dieser Betriebszustand ist mit periodischen Relaxationen des eingeschlossenen Plasmas verbunden, den edge localised modes (ELMs), die zu erhöhtem Teilchen- und Energietransport durch die Abschältschicht in den Divertor führen. Um die ELM und inter-ELM Wärmeflüsse auf die vom

Plasma exponierten Prallplatten zu untersuchen, wurden hochauflösende infrarot Kameras an ASDEX Upgrade ($R = 1.65\text{ m}$) und JET ($R = 2.96\text{ m}$) installiert. Der Vergleich der inter-ELM Wärmeflüsse dieser beiden Maschinen ergibt, dass die Abfalllänge λ_q des Wärmeflusses

unabhängig von der Maschinentgröße ist. In früheren Abschätzungen wurde eine lineare Größenabhängigkeit angenommen, was zur Folge hat, dass die Breite der wärmeführenden Schicht für ITER überschätzt wurde.

P 4: Plasmatechnologie I

Zeit: Montag 16:30–18:45

Raum: HS 2

Hauptvortrag P 4.1 Mo 16:30 HS 2
Mikrowellenplasmen bei Atmosphärendruck — ●MARTINA LEINS¹, JOCHEN KOPECKI¹, SANDRA GAISER¹, ANDREAS SCHULZ¹, MATTHIAS WALKER¹, ULRICH STROTH² und THOMAS HIRTH¹ — ¹Institut für Plasmaforschung, Stuttgart — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Garching

Mikrowellenplasmen bei Atmosphärendruck haben eine Vielzahl an Anwendungen. Sie werden für Oberflächenbehandlungen, wie beispielsweise die Reinigung, Sterilisation oder Dekontamination, für Vorbehandlungen um eine verbesserte Haftung von Lacken, Farben oder Klebstoffen zu erzielen oder um verschiedenartige Beschichtungen abzuschneiden, eingesetzt. Mikroplasmen finden zudem Anwendung im biomedizinischen Bereich und bei der Behandlung kleiner und komplizierter Geometrien wie der Innenseite von Kapillaren. Größere Plasmabrenner, welche höhere Gastemperaturen aufweisen, sind vielversprechend für chemische Synthesen wie die Abgasreinigung, die Methanpyrolyse, die Dissoziation von CO₂ oder für das Plasmaspritzen.

Der Vortrag wird eine Übersicht über aktuelle atmosphärische Mikrowellenplasmaquellen und Mikrowellenplasmabrenner, welche am IPF entwickelt wurden, geben. Die Plasmaquellen basieren entweder auf koaxialen Strukturen oder auf Zylinder- oder Rechteckresonatoren. Die Funktionsprinzipien der Quellen werden an Hand von Simulationen der elektrischen Feldverteilung erklärt. Des Weiteren werden einige physikalische Eigenschaften wie Mikrowellenheizmechanismen, Gas- und Elektronentemperaturen und Elektronendichten diskutiert. Zuletzt werden ausgewählte Anwendungsbeispiele vorgestellt.

P 4.2 Mo 17:00 HS 2

Improving the Electronic Transport and Structural Properties of Magnetron Sputtered ZnO:Al and ZnMgO:Al Films by Reducing the Particle Energy — ●ANDRÉ BIKOWSKI and KLAUS ELLMER — Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH, Hahn-Meitner-Platz 1, D-14109 Berlin, Germany

We deposited ZnO:Al and ZnMgO:Al films by DC and RF (13.56 MHz and 27.12 MHz) magnetron sputtering for substrate temperatures between 25°C and 500°C. X-ray diffraction measurements were used to determine the crystalline quality. Conductivity and Hall measurements revealed the carrier concentration and Hall mobilities.

For sputtering processes it is known that the growing films are bombarded by high energetic species, especially negative ions. The maximum energy of these high energetic species is directly correlated to the plasma excitation frequency. For all three discharge frequencies a similar behavior for the resistivities of the films has been observed: a decrease up to an optimum substrate deposition temperature and an increase with further increase of the temperature up to 500°C. The minimum obtainable resistivity is decreasing with increasing plasma excitation frequency, which can be explained as a result of the reduced maximum energy, the high energetic negative oxygen ions have due to a decreasing target voltage with increasing plasma excitation frequency. Our results show the decisive role of the particle energies in plasma deposition processes for electronic and structural properties of thin films.

P 4.3 Mo 17:15 HS 2

Untersuchung der Veränderung eines Strukturproteins der Haut durch Plasmabehandlung — ●SABRINA BALDUS¹, MEIKE MISCHO², MARTINA HAVENITH² und PETER AWAKOWICZ¹ — ¹Lehrstuhl für Allgemeine Elektro- und Plasmatechnik (AEPT), Ruhr-Universität Bochum — ²Lehrstuhl für Physikalische Chemie II, Ruhr-Universität Bochum

Der Einsatz von Atmosphärendruckplasmen in der Medizin rückt in der heutigen Zeit immer mehr in den Fokus. Viele Studien haben bereits gezeigt, dass die Behandlung von chronischen Wunden mit Plasma deren Heilungsprozess anregt. Die desinfizierende Wirkung von kalten Plasmen ist allseits bekannt, jedoch ist die Wechselwirkungen zwischen

den vom Plasma erzeugten, reaktiven Teilchen und dem behandelten Gewebe, noch kaum untersucht. Um einen tieferen Einblick in diese Mechanismen zu bekommen wurden die chemischen Auswirkungen der Behandlung eines Modellsystems mit einer dielektrischen Barriereentladung (DBD) detailliert analysiert. Die DBD wurde speziell für therapeutische Zwecke in der Dermatologie entwickelt und ist vollständig charakterisiert.

Als Modell wird das Strukturprotein Keratin behandelt, welches in der Epidermis, den Haaren sowie den Nägeln des Menschen vorkommt. Diese Proben wurden mittels Raman Mikrospektroskopie untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass die von der DBD erzeugten reaktiven Spezies zu Strukturveränderungen im Keratin führen.

Die erzielten Ergebnisse werden vorgestellt und deren Bedeutung für die direkte Plasmabehandlung von menschlicher Haut erläutert.

P 4.4 Mo 17:30 HS 2

The effect of the driving frequencies on the Electrical Asymmetry Effect in dual-frequency capacitive radio frequency plasmas — ●JULIAN SCHULZE¹, IHOR KOROLOV², UWE CARNETZKI¹, and ZOLTAN DONKO² — ¹Ruhr-University Bochum — ²Hungarian Academy of Sciences

In capacitive radio frequency discharges driven by two consecutive phase locked harmonics, an electrical asymmetry is induced and a DC self bias is generated as a function of the phase shift between the driving frequencies. Until now, only dual-frequency discharges operated at a fundamental frequency of 13.56 MHz have been investigated. It was shown, that a maximum self bias of 25 % of the driving voltage amplitude can be generated electrically and that the mean ion energy at the electrode can be controlled separately from the ion flux by adjusting the phase in a geometrically symmetric reactor. Here, we study the effect of changing this fundamental frequency between 0.5 MHz and 27.12 MHz on the Electrical Asymmetry Effect by Particle-in-Cell simulations and an analytical model for different γ -coefficients [1]. We find the electrical generation of the DC self bias and the quality of the separate control of ion properties to be strongly reduced at lower frequencies. This is caused by the effect of the driving frequencies on the charge and electron heating dynamics. These effects are understood by the model. [1] I. Korolov et al. (2012) J. Phys. D 45 465205

P 4.5 Mo 17:45 HS 2

Scaling parameter in plasma-enhanced CVD of SiO₂ thin films in atmospheric pressure dielectric barrier discharges — ●S. WELZEL¹, S.A. STAROSTIN², H. DE VRIES², M.C.M. VAN DE SANDEN^{1,3}, and R. ENGELN¹ — ¹Eindhoven University of Technology, P.O. Box 513, 5600 MB Eindhoven, The Netherlands — ²FUJIFILM Manufacturing Europe B.V., P.O. Box 90156, 5000 LJ Tilburg, The Netherlands — ³Dutch Inst. for Fundamental Energy Research (DIFFER), P.O. Box 1207, 3430 BE Nieuwegein, The Netherlands

Large-area roll-to-roll processing of polymeric substrates in diffusive, high-current dielectric barrier discharges containing organo-silicon precursors in industrially relevant air-like gas mixtures have been shown to yield high-quality SiO₂-like barrier layers. To better understand the link between plasma chemistry and the deposition process, studies of the gas phase composition using *ex-situ* Fourier-transform infrared absorption spectroscopy were carried out. A clear transition in the downstream gas phase can be observed as a function of injected power and hence the level of precursor consumption. Broadly speaking, a typical H-N-O chemistry in the presence of traces of hydrocarbons is found under full precursor consumption whereas distinct precursor fragments could be identified for HMDSO and TEOS at low average power densities. It transpires that the CO density in the gas phase is closely linked with the growth rate of the SiO₂ films. More importantly, all trends observed can be described by a scaling parameter (mean energy). This approach allows to define a parameter range for good quality films that can be normalised to a 'reactor constant'.

P 4.6 Mo 18:00 HS 2

Kombinationssensor zur Charakterisierung von Beschichtungsplasmen — ●KLAUS ELLMER, THOMAS WELZEL, KARSTEN HARBAUER und MAX KELLERMEIER — Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie

Bei der plasmagestützten Schichtabscheidung bzw. Oberflächenmodifizierung spielen viele physikalische Parameter (Teilchendichten, -energien, -ströme) eine wesentliche Rolle, um die Veränderung der Oberfläche verstehen zu können. Um möglichst viele dieser Parameter räumlich und zeitlich gleich zu erfassen, wurde ein Kombinationssensor entwickelt, der mehrere Diagnostiken beinhaltet. Er besteht aus einem Schwingquarz, mit dem die Aufwachsrate einer Schicht gemessen werden kann. Dieser fungiert gleichzeitig als Langmuir-Sonde zur Ermittlung der Ladungsträgerdichten, Potenziale und mittleren Elektronenenergie des Plasmas, aus denen Ströme und Energien der auf die Oberfläche treffenden Ionen und Elektronen bestimmt werden können. Zusätzlich wird die Aufheizung des Schwingquarzes durch rückwärtige Detektion seiner Wärmestrahlung für die Bestimmung des integralen Energieeinstroms auf die wachsende Schicht genutzt.

Die Funktion des Kombinationssensors wird am Plasma eines 2-Zoll-Magnetrons mit Titan target zur Abscheidung von Titan- bzw. Titanoxidschichten demonstriert. An dieser wurde jeweils die radiale Verteilung der beschriebenen Größen untersucht. Während die Verteilung der Ladungsträgerdichten und des Energieeinstroms ähnlich sind, ist die Aufwachsrate für die reaktive Entladung wegen der Oxidation des Ti-Targets bei der Titanoxidabscheidung deutlich erniedrigt.

P 4.7 Mo 18:15 HS 2

Charakterisierung eines großflächigen, kapazitiv gekoppelten Mehrfrequenzplasmas (MFCCP) für keramische PVD-Beschichtungen — ●STEFAN BIENHOLZ¹, NIKITA BIBINOV¹, DARIO GROCHLA², DENIS EREMIN³, ALFRED LUDWIG², THOMAS MUSSENBRÖCK³ und PETER AWAKOWICZ¹ — ¹Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Allgemeine Elektrotechnik und Plasmatechnik — ²Ruhr-Universität Bochum, Institut für Werkstoffe — ³Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik

PVD-Beschichtungen werden seit vielen Jahren mit kapazitiv gekoppelten Plasmen hergestellt. Zur Abscheidung keramischer Schichten eignen sich MFCCPs besonders wegen des stark reduzierten Arcings im Vergleich zu DC-Abscheidprozessen. MFCCPs nutzen die Frequenz-

abhängigkeit wichtiger Plasmagrößen aus. Der verwendete großflächige MFCCP mit einem Elektrodendurchmesser von etwa 500 mm wird mit zwei phasenfesten HF-Quellen (13,56 MHz und 27,12 MHz) zu Erzeugung einer großen Selbstspannung betrieben. Eine hohe Plasmadichte wird durch den Einsatz einer VHF-Quelle (60 MHz) eingestellt. Der MFCCP wurde vollständig mittels optischer Emissionsspektroskopie und Langmuirsonde charakterisiert und mit 2-D PIC Simulationen verglichen. Weiterhin wurden die abgeschiedenen AlN-Schichten hinsichtlich Schichtdicken, Schichtspannungen und Schichtstruktur analysiert. Die Ergebnisse der Schichtanalytik werden mit Plasmaparametern korreliert.

Die Autoren danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die Förderung im Rahmen des SFB-TR87.

P 4.8 Mo 18:30 HS 2

Massenspektrometrische Untersuchungen an Aluminium-Triisopropoxid-haltigen Plasmen — ●MAIK FRÖHLICH, STEFAN NIEMIETZ und HOLGER KERSTEN — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, D-24098 Kiel

Aluminium-Triisopropoxid (ATI) wird u.a. in plasmagestützten Prozessen zur chemischen Abscheidung von Aluminiumoxid genutzt. Diesen Schichten kommt aufgrund hervorragender Verschleißigenschaften und der hohen thermischen Stabilität eine große industrielle Bedeutung zu. Zur Optimierung der Prozessführung dieses PECVD-Prozesses ist ein grundlegendes Verständnis der im Plasma stattfindenden Reaktionen notwendig. Im Rahmen dieser Arbeit wurde der Fokus auf die Bildung von Reaktionsprodukten aus dem monomeren ATI in einer Hochfrequenzladung gelegt. Anhand von massenspektrometrischen Untersuchungen konnten mögliche Reaktionspfade für die Fragmentation des organometallischen Präkursors aufgestellt werden. Besonders hervorzuheben ist das im Plasma mit hoher Konzentration gebildete Molekül mit der Masse 59 amu. Dieses kann entweder auf eine der drei Kohlenwasserstoffgruppen am monomeren ATI-Molekül oder auf die Bildung von AlO₂ als Restprodukt hindeuten. Letzteres ist eine mögliche Basis für die Bildung von Al₂O₃, welches mittels des PECVD-Prozesses abgeschieden wird. Darüber hinaus sind die vom Basismolekül oder deren Fragmenten abgespalteten Methylgruppen zur Bildung von organischen Molekülen mit höheren Massen (C_nH_m) sowie für die Entstehung von Nanoteilchen von großer Bedeutung.

P 5: Laserplasmen und Quantenplasmen

Zeit: Montag 16:30–18:45

Raum: HS 3

Hauptvortrag

P 5.1 Mo 16:30 HS 3

Erzeugung intensiver Neutronenstrahlen aus Laserplasmen unter der Verwendung relativistischer Transparenz — ●MARKUS ROTH — Technische Universität Darmstadt, Institut für Kernphysik, 64289 Darmstadt, Germany

Neutronen bieten eine einzigartige Möglichkeit Materialeigenschaften zu untersuchen und zu beeinflussen. Daher rührt ein wachsender Bedarf an intensiven, gepulsten Quellen für schnelle oder thermische Neutronen. Beschleunigerbasierte Spallationsquellen bieten höchste Neutronenflüsse, könnten aber durch neue, kompakte Quellen mit höherer Spitzenleistung ergänzt werden. Laser bieten die Möglichkeit sehr kompakte Neutronenquellen zu treiben, die sich einfach an bestehende Einrichtungen koppeln lassen. Durch den Einsatz eines Hochenergie-Kurzpulslasersystems mit extrem hoher Strahlqualität kann die effiziente Beschleunigung von Ionen, hier besonders Deuteronen erreicht werden, deren Konversion in Neutronen extrem hohe Pulsleistungen erlaubt. Hierbei wird ein neuer Teilchenbeschleunigungsmechanismus erstmals verwendet, welcher auf relativistisch induzierter Transparenz von Festkörpern beruht. Es konnten damit erstmals ausreichend Neutronen erzeugt werden um Anwendungen in der Radiographie zu verwirklichen. Das erzeugte Neutronenspektrum reicht dabei bis zu Energien von 200 MeV und weist eine deutlich gerichtete Strahlcharakteristik auf. Diese neuen experimentellen Resultate könnten den Weg ebnen um Anwendungen der Neutronenuntersuchung in Bereichen der Medizin, Materialwissenschaft oder Archäologie zu erlauben die bislang nur an Großforschungsanlagen verfügbar waren.

P 5.2 Mo 17:00 HS 3

Radiation Pressure Assisted Ion acceleration from multi-

component targets — ●STEPHAN KUSCHEL^{1,2}, CHRISTIAN RÖDEL^{1,2}, BASTIAN AURAND^{2,3}, OLIVER JÄCKEL^{1,2}, GERHARD G. PAULUS^{1,2}, MATTHEW ZEPF², MALTE KALUZA^{1,2}, and THOMAS KÜHL^{2,3,4} — ¹Institute of Optics and Quantum Electronics, Jena, Germany — ²Helmholtz Institute Jena, Jena, Germany — ³GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung, Darmstadt, Germany — ⁴University of Mainz, Mainz, Germany

Monoenergetic ion acceleration using the radiation pressure of high intensity lasers has attracted a strong interest in recent years and holds promise for numerous applications. Laser particle simulations have shown that radiation pressure acceleration (RPA) is the dominant acceleration mechanism leading up to GeV proton energies for peak intensities of the order of 10²³W/cm². Using a peak intensity of 5 · 10¹⁹W/cm², however, we have observed the onset of RPA at the "JETI" laser system. This has been achieved using multi-component foil targets matching the density and thickness conditions for efficient RPA.

P 5.3 Mo 17:15 HS 3

Seed pulse optimization for ultra-short relativistic laser pulse generation via stimulated scattering in plasmas — ●GÖTZ LEHMANN¹, GRANVILLE SEWELL², and KARL-HEINZ SPATSCHEK¹ — ¹Heinrich-Heine Universität, 40225 Düsseldorf — ²University of Texas El Paso, El Paso, USA

Laser amplification schemes like chirped pulse amplification or optical parametric amplification are limited in intensity due to damage-threshold issues. Using underdense plasmas as amplifying medium is a promising way to circumvent these problems. Raman and Brillouin backscattering processes receive renewed interest in the context of gen-

erating ultra-intense and ultra-short laser pulses up to the exawatt-zetawatt regime. The IZEST initiative (www.int-zest.com) identified a plasma amplification stage as key technology for the next generation high-power lasers. In the proposed scenarios energy of a ps pump pulse is transferred to a fs seed pulse by scattering the pump off a plasma wave, driven by the beating of pump and seed pulse. The plasma wave can either be an electron wave (Raman scattering) or an ion wave (Brillouin scattering). While Raman and Brillouin back-scattering are well understood for monochromatic waves, the situation is less known when it comes to short pulses. This is in particular true when other effects like wave-breaking occur at the same time. Here it will be discussed how pulse forms influence the Raman and Brillouin processes, both in the linear as well as in the nonlinear regime. Results from simplified analytical models will be compared to numerical solutions obtained from general relativistic Maxwell-Vlasov simulations.

P 5.4 Mo 17:30 HS 3

Amplification of a surface electromagnetic wave by running over plasma surface ultrarelativistic electron bunch as a new scheme for generation of Terahertz radiation — ●SALTANAT P. SADYKOVA¹, ANRI A. RUKHADZE², T. G. SAMKHARADZE², and KONSTANTIN V. KHISHCHENKO³ — ¹Max-Born Institut fuer Nichtlineare Optik und Kurzzeitspektroskopie im Forschungsverbund Berlin e.V., DESY Hamburg — ²Prokhorov General Physics Institute, Russian Academy of Sciences, Vavilov Str., 38., Moscow, 119991, Russia — ³Joint Institute for High Temperatures RAS, Izhorskaya 13 bldg 2, Moscow 125412, Russia

The amplification of a surface electromagnetic wave by means of ultra-relativistic monoenergetic electron bunch running over the flat plasma surface in absence of a magnetic field is studied theoretically. It is shown that when the ratio of electron bunch number density to plasma electron number density multiplied by a powered to 5 relativity factor is much higher than 1, i.e. $\gamma^5 n_b/n_p \gg 1$, the saturation field of the surface electromagnetic wave induced by trapping of bunch electrons gains the magnitude: $E_x = B_y \approx \frac{\omega_p m c \gamma^{5/7}}{e} (\frac{2n_b}{n_p})^{1/7} \approx 10^{11}$ V/m, hence, the energy density flux (Poyinting vector) $|P| = c/4\pi(E_x^2) \simeq 6 \cdot 10^{15}$ W/cm⁻² and does not approach the surface electromagnetic wave front breakdown threshold in plasma [1]. [1] A. A. Rukhadze, S. P. Sadykova, T. G. Samkharadze, K. V. Khishchenko, arXiv:1210.0610 (2012)

Hauptvortrag P 5.5 Mo 17:45 HS 3

Excitation spectrum of nonideal quantum systems from first-principle thermodynamic simulations — ●ALEXEY FILINOV^{1,2} and MICHAEL BONITZ¹ — ¹Institut für Theoretische Physik und Astrophysik, D-24098 Kiel, Germany — ²Joint Institute for High Temperatures RAS, 125412 Moscow, Russia

In our talk we review the numerical schemes to extract information about real-time dynamics of quantum many-body systems from the imaginary-time correlation functions available from quantum Monte Carlo simulations. We discuss reconstruction of the dynamic structure factor $S(q, \omega)$ related with the collective density excitations, and the one-particle spectral function extracted from the one-particle Matsub-

ara Green's function. The performance of the methods is demonstrated on several physical examples, which include superfluid ⁴He [1], quasi-two dimensional dipolar Bose gases [2] and quantum electron-hole bilayers. The used approach allows one to analyze damping and hybridization of the excitation spectra from first principles, and to study temperature-density dependencies. Prospects for degenerate quantum plasmas are discussed.

[1] M. Rossi and et al., Phys. Rev. B 85, 014525 (2012); [2] A. Filinov and M. Bonitz, Phys. Rev. A 86, 043628 (2012).

P 5.6 Mo 18:15 HS 3

Effect of screening by external charges on the atomic orbitals and photoinduced processes within the Hartree-Fock-Slater atom — ●ROBERT THIELE¹, SANG-KIL SON¹, BEATA ZIAJA^{1,2}, and ROBIN SANTRA^{1,3} — ¹Center for Free-Electron Laser Science, DESY, 22607 Hamburg, Germany — ²Institute of Nuclear Physics, Polish Academy of Sciences, Radzikowskiego 152, 31-342 Kraków, Poland — ³Department of Physics, University of Hamburg, 20355 Hamburg, Germany

X-ray free-electron lasers (XFELs) are a promising tool for the structural determination of macro- and biomolecules, using coherent diffractive imaging. During imaging, the intense XFEL pulses also efficiently ionize the molecules, so it is important to estimate how the charged environment within the molecule modifies atomic properties, in comparison to the case of an isolated atom. Here, we apply the XATOM toolkit to obtain predictions on the modified ionization thresholds and rates of some photoinduced processes in carbon. The Hartree-Fock-Slater model is extended to include the electron screening and ion correlation effects, induced by external charges. With this extended model, we obtain predictions on modifications of orbital energies, photoabsorption cross sections, Auger decay rates, fluorescence emission rates, and atomic scattering factors as a function of the density and temperature of the surrounding charges. Our results have implications for the studies of dynamics within XFEL irradiated samples, in particular for those dedicated to coherent diffraction imaging.

P 5.7 Mo 18:30 HS 3

Testing the Shukla-Eliasson attractive force between protons in dense hydrogen — ●MICHAEL BONITZ, ECKHARD PEHLKE, and TIM SCHOOF — Institut für Theoretische Physik und Astrophysik, CAU Kiel, Leibnizstr. 15

In a recent letter [1] the discovery of a new attractive force between protons in a dense hydrogen plasma was reported that - according to the authors - would be responsible for the formation of molecules and of a proton lattice. Here we show, based on ab initio density functional calculations and general considerations, that these predictions have no factual basis and are caused by using linearized quantum hydrodynamics beyond the limits of its applicability [2].

[1] P.K. Shukla and B. Eliasson, Phys. Rev. Lett. 108, 165007 (2012), Erratum: Phys. Rev. Lett. 108, 219902 (2012); Erratum: Phys. Rev. Lett. 109, 019901 (2012)

[2] M. Bonitz, E. Pehlke, T. Schoof, Phys. Rev. E, accepted (2012), arxiv: 1205.4922

P 6: Magnetischer Einschluss II

Zeit: Dienstag 14:00–15:45

Raum: HS 3

Hauptvortrag P 6.1 Di 14:00 HS 3

Off-diagonal transport in tokamak plasmas, the bridge from theory to experiments and from microscopic to macroscopic — ●CLEMENTE ANGIONI — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, IPP-EURATOM Association, D-85748 Garching bei München, Germany

In the high temperature plasmas of tokamaks, the dominant part of the radial transport is provided by micro-turbulence, at ion and electron Larmor radius scales. The radial turbulent transport of particles and toroidal momentum is experimentally observed, and theoretically predicted, to be characterized by off-diagonal transport components, which cannot be attributed to the presence of density or rotation gradients respectively. These components are of high relevance for the achievement of fusion energy, since, at a macroscopic level, they determine the radial profiles of density and rotation. Furthermore, they are of extreme physical interest, since they are theoretically predicted

to be determined by the characteristics of the micro-turbulence. A combined research, which assesses the correspondence between the observed behaviours of density and toroidal rotation and the theoretically predicted mechanisms of off-diagonal transport, provides an effective approach to shed light on the complex field of turbulence and transport in magnetized plasmas. By this, not only a bridge between theory and experiment is built, but also a correspondence between microscopic properties of the turbulence and macroscopic dependences of the plasma profiles is established. The main results of this research, performed at the Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, are presented.

Hauptvortrag P 6.2 Di 14:30 HS 3

MHD Simulations of Edge Localized Modes in ASDEX Upgrade — ●MATTHIAS HÖLZL¹, ISABEL KREBS¹, KARL LACKNER¹, SIBYLLE GÜNTHER¹, GUIDO HUYSMANS², RONALD WENNINGER³, and THE ASDEX UPGRADE TEAM¹ — ¹Max Planck Institute for Plasma-

physics, EURATOM Association, Boltzmannstr. 2, Garching, Germany — ²ITER Organisation, Route de Vinon sur Verdon, St-Paul-lez-Durance, France — ³Universitätssternwarte der Ludwig-Maximilians-Universität, München, Germany

In the high confinement mode, edge localized modes (ELMs) are observed at the plasma edge. As these may damage wall structures in future fusion devices, a detailed physical understanding is necessary.

We use the non-linear MHD code JOREK to study ELMs in realistic tokamak geometry. Toroidal mode numbers, poloidal filament sizes, and radial propagation speeds agree well with observations for type-I ELMs in ASDEX Upgrade. When a large number of toroidal harmonics is taken into account, a strong localization is found as also observed experimentally in ASDEX Upgrade. In the simulations, harmonics with low toroidal mode-numbers may be driven non-linearly to large energy levels. This is observed already in the early phase of the instability and can be explained by an interaction between several strong harmonics with adjacent toroidal mode numbers.

An outlook onto ongoing work is given. This includes further theory-experiment comparisons and the interaction between ELMs and external perturbation fields. The resistive wall model currently being implemented into JOREK is briefly presented.

P 6.3 Di 15:00 HS 3

Experimental Results and SOLPS-Modeling of H-Mode Detachment in full-tungsten ASDEX Upgrade — ●FELIX REIMOLD, MATTHIAS BERNERT, ARNE KALLENBACH, STEFFEN POTZEL, MARCO WISCHMEIER, and THE ASDEX UPGRADE TEAM — Max-Planck Institut für Plasmaphysik, Boltzmannstr. 2, 85748 Garching

Detached divertor operation in H-Mode is essential for future fusion reactors to be able to handle the occurring power fluxes into the divertor and to avoid major material erosion of the divertor targets. Complete detachment is characterized by a substantial reduction of plasma pressure along a fieldline from midplane to target across the whole Scrape-Off Layer.

Complete detachment has only been observed at the inner target in the boronized full-tungsten wall tokamak ASDEX Upgrade so far. Recently, stable H-Mode operation with a completely detached plasma at both divertor targets has been achieved by significant nitrogen seeding. The pressure loss along the field line exceeded a factor of ten and the power flux was effectively reduced to negligible levels at both targets simultaneously. Tungsten sputtering at the targets is strongly reduced during detached plasma operation.

This contribution will highlight the experimental results and show the accessible operational space for nitrogen induced detachment in

H-Mode. Accompanying SOLPS-modeling of the detachment process will be presented.

P 6.4 Di 15:15 HS 3

Axial flows in expanding arched, plasma-filled flux tubes — ●EVE STENSON¹ and PAUL BELLAN² — ¹Max Planck Institute for Plasma Physics, EURATOM Association, Wendelsteinstr. 1, 17491 Greifswald, Germany — ²California Institute of Technology, Pasadena, CA, U.S.A.

Magnetic flux tubes are significant features in a diverse array of plasma systems, including fusion devices and solar and astrophysical environments. Laboratory experiments are a valuable tool for elucidating the fundamental physics of these structures. Highly dynamic, individual arched flux tubes were created with a magnetized plasma gun and studied with a variety of diagnostics (magnetic probes, dual-gas techniques, spectroscopy, etc.). Bulk flows were found to carry plasma into a flux tube from both footpoints, keeping the density high even as the major radius increased significantly and the axis underwent a kink instability. A pair of complementary MHD models provides a quantitative description of the evolution.

P 6.5 Di 15:30 HS 3

Derivation of Stochastic differential Equations for Scrape-off Layer Plasma fluctuations from experimentally measured statistics — ●ABDESSAMAD MEKKAOU — IEK-4 Forschungszentrum Jülich 52428, Germany

A method to derive stochastic differential equations for intermittent plasma density dynamics in magnetic fusion edge plasma is presented. It uses a measured first four moments (mean, variance, Skewness and Kurtosis) and the correlation time of turbulence to write a Pearson equation for the probability distribution function of fluctuations. The Fokker-Planck equation is then used to derive a Langevin equation for the plasma density fluctuations. A theoretical expectations are used as a constraints to fix the nonlinearity structure of the stochastic differential equation. In particular when the quadratically nonlinear dynamics is assumed, then it is shown that the plasma density is driven by a multiplicative Wiener process and evolves on the turbulence correlation time scale, while the linear growth is quadratically damped by the fluctuation level. Strong criteria for statistical discrimination of experimental time series are proposed as an alternative to the Kurtosis-Skewness scaling. This scaling is broadly used in contemporary literature to characterize edge turbulence, but it is inappropriate because a large family of distributions could share this scaling. Strong criteria allow us to focus on the relevant candidate distribution and approach a nonlinear structure of edge turbulence model.

P 7: Niedertemperaturplasmen I

Zeit: Dienstag 16:30–18:40

Raum: HS 3

Hauptvortrag

P 7.1 Di 16:30 HS 3

Puls aufgelöste schnelle Messungen der Wachstumsrate in HIPIMS-Plasmen — FELIX MITSCHKER, MARINA PRENZEL, JAN BENEDIKT, ●CHRISTIAN MASZL und ACHIM VON KEUDELL — Research Department Plasmas with Complex Interactions, Ruhr-Universität Bochum, Institute for Experimental Physics II, 44780 Bochum, Germany

Mit dem entwickelten Shutter-Konzept können Wachstumsraten während high power pulsed magnetron sputtering (HIPIMS) mit einer zeitlichen Auflösung von 25 μ s gemessen werden. Dabei wird ein Schlitz mit einer Breite von 200 μ m synchron mit dem HIPIMS-Puls über ein Substrat bewegt und der ankommende Teilchenfluß daher lateral über das Substrat verteilt. Profilmessungen erlauben anschließend die zeitliche Veränderung der Wachstumsraten in den einzelnen Phasen der Entladung zu bestimmen. Zeitlich aufgelöste Wachstumsraten wurden für 0.25 Pa, 0.5 Pa und 1 Pa, sowie für Pulsdauern von 50 μ s, 200 μ s und 400 μ s bei einer durchschnittlichen Leistung von 100 W gemessen. Die einzelnen Phasen des HIPIMS-Pulses, wie in der Literatur beschrieben, können klar unterschieden werden. Das Maximum der Wachstumsrate wird erst nach der Verarmung des Neutralgases durch das expandierende Plasma ("gas rarefaction") erreicht. Nach Ende des Pulses, im "afterglow", nimmt die Wachstumsrate in einem Zeitraum von ~ 100 μ s sehr rasch ab, gefolgt von einer Phase von einigen ms in der die Wachstumsrate signifikant langsamer abnimmt. Der absolute Vergleich zwischen den einzelnen Entladungen zeigt, dass für sehr

kurze Entladungen die Effizienz der Beschichtung auf 30 % abnimmt.

P 7.2 Di 17:00 HS 3

Electron heating mechanisms in electrically asymmetric capacitive hydrogen/silane discharges - A parameter study — ●SEBASTIAN MOHR, EDMUND SCHÜNGEL, JULIAN SCHULZE, and UWE CZARNETZKI — Ruhr - Universität Bochum

We investigate capacitively coupled electrically asymmetric dual frequency hydrogen - diluted silane discharges. In electrically asymmetric discharges, a fundamental frequency and its second harmonic are used to generate a DC self bias on the blocking capacitor. The value of this DC self bias depends on the phase angle between the two frequencies. This is used to control the ion energy at surfaces independently from the ion fluxes. Depending on gas pressure and the silane concentration, different electron heating mechanisms occur in these discharges. This is related to the variable densities of negative ions and dust particles. At low concentrations of these particles, the electron heating is dominated by the sheath motion via the sheath expansion and field reversals. Higher concentrations reduce the electron density in the bulk and induce a high electric field and electron heating inside the bulk. We will present a parameter study of electrically asymmetric hydrogen - diluted silane discharges combining experiments with computer simulations and discuss the impact of the different heating mechanisms on the DC self bias.

P 7.3 Di 17:15 HS 3

Einfluss der O₂-Konzentration auf den Durchbruch von dielektrisch behinderten Entladungen im gepulsten Betrieb — ●HANS HÖFT, MANFRED KETTLITZ, TOMAS HODER, RONNY BRANDENBURG und KLAUS-DIETER WELTMANN — INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Straße 2, 17489 Greifswald

Es werden Experimente zum Einfluss der O₂-Konzentration auf die raum-zeitliche Entwicklung und die Durchbruchstatistik filamentierter Mikroentladungen in N₂-O₂-Gemischen bei Atmosphärendruck vorgestellt. Die untersuchte symmetrische, dielektrisch behinderte Entladung wird gepulst betrieben (unipolare Rechteckspannung mit 10kV Pulsamplitude (≈ 250 V/ns Anstieg) bei 10kHz Wiederholfrequenz; Elektrodenabstand 1 mm). Die O₂-Zumischung wird von 0,1 Vol.-% bis 20 Vol.-% O₂ in N₂ variiert. Die Aufnahme der raum-zeitlichen Mikroentladungsentwicklung erfolgt simultan mit Hilfe einer schnellen iCCD-sowie einer Streikkamera ($\Delta t \geq 2$ ns bzw. ≥ 50 ps). Außerdem werden elektrische Größen zur Charakterisierung der Mikroentladung mit schnellen Sonden gemessen. Das O₂/N₂-Verhältnis hat signifikanten Einfluss auf das Entladungsverhalten; eine höhere O₂-Konzentration führt u. a. zu einer Entladungsdauerverkürzung, einer Durchbruchverzögerung, einer höheren Geschwindigkeit des kathodengerichteten Streamers, einer Vergrößerung des Entladungsdurchmessers sowie zu höheren elektrischen Durchbruchfeldstärken im Entladungsspalt. Diese Veränderungen können durch die Elektronegativität und die effektive Stoßabregung von O₂ in Kombination mit der steilen Anstiegsflanke der Pulsspannung erklärt werden.

P 7.4 Di 17:30 HS 3

The effect of powder formation on the electron dynamics and discharge symmetry in single and dual frequency hydrogen/silane plasmas — ●EDMUND SCHÜNGEL, SEBASTIAN MOHR, SHINYA IWASHITA, JULIAN SCHULZE, and UWE CZARNETZKI — Institute for Plasma and Atomic Physics, Ruhr-University Bochum

Highly diluted SiH₄ plasmas are used in the silicon thin film industry as well as for fundamental investigations of dusty plasmas. Nevertheless, the basic mechanisms in these plasmas are not fully understood yet. In particular, the formation of powder can have a dramatic impact on the discharge properties. We investigate capacitively coupled hydrogen/silane discharges at pressures above 100 Pa and show, that the spatial distribution of the dust particles strongly affects the symmetry of the discharge. This can be understood based on the electron dynamics. Similar to electronegative discharges, the electron heating and, thus, the spatial ionization profile is mainly determined by the distribution of the heavy negatively charged species. Therefore, the ion density profile is changed. The mechanisms described above are investigated in single and electrically asymmetric dual frequency discharges and the consequences of the powder formation on the Electrical Asymmetry Effect, which allows the control of the discharge symmetry by tuning the symmetry of the applied voltage waveform, are examined.

P 7.5 Di 17:45 HS 3

Optische Charakterisierung einer kombinierten Elektronenstrahl- und Mikrowellenentladung — ●THOMAS DANDL¹, MAXIMILIAN GRABNER¹, ANDREAS HIMPSL¹, JOCHEN WIESER² und ANDREAS ULRICH¹ — ¹Physik Department E12, Technische Universität München, James-Frank-Str. 1, 85748 Garching — ²Optimare Analytik GmbH & Co KG, Emsstr. 20, 26382 Wilhelmshaven

Ein Elektronenstrahl mit einer Teilchenenergie von 12 keV wird durch eine sehr dünne Siliziumnitridmembran in ein Edeltarget eingeschossen. Dabei werden die Elektronen bei Atmosphärendruck in einem Volumen von etwa 1 Kubikmillimeter gestoppt. Dies führt zu einer Anregung und Ionisierung der Targetgasatome. Durch die Vorionisierung kann auch bei hohen Drücken zusätzlich Leistung durch

eine Mikrowellenanregung (2,45 GHz) in das Gas eingekoppelt werden. Dies reicht von einer kombinierten Anregung bis hin zur Zündung einer selbstständig brennenden Mikrowellenentladung. Es werden optische Emissionsspektren in einem weiten Wellenlängenbereich von etwa 100-1000 nm aufgenommen. In dem Vortrag werden die hier verwendete Technik sowie die unterschiedlichen spektralen Charakteristiken der Entladung bei den verschiedenen Anregungsmethoden beschrieben. Erste Messungen zur räumlichen Verteilung sowie zum zeitlichen Verhalten der Entladung im Pulsbetrieb werden dargestellt.

Gefördert durch BMBF Förderkennzeichen 13N9528 und 13N11376.

P 7.6 Di 18:00 HS 3

The effect of structured electrodes on the electron heating in capacitively coupled radio frequency plasmas — ●NICO SCHMIDT¹, JULIAN SCHULZE¹, EDMUND SCHÜNGEL¹, JAN TRIESCHMANN², THOMAS MUSSENBRÖCK², and UWE CZARNETZKI¹ — ¹Lehrstuhl für Plasma- und Atomphysik, Ruhr-Universität Bochum — ²Lehrstuhl für theoretische Elektrotechnik, Ruhr-Universität Bochum

We investigate the effect of structured electrodes with different surface topologies on the electron heating dynamics in low pressure capacitively coupled radio frequency plasmas by a synergistic combination of experiments and numerical simulations. Linear trenches are formed between two metal blocks on the powered electrode. Various trench cross sections are realized, e.g. rectangular or triangular. The discharge is operated in the GEC reference cell with an excitation frequency of 13.56MHz. Neon is utilized for its favourable spectroscopic properties. 2D phase resolved optical emission spectroscopy with the line of sight along these trench-like structures is applied to gain lateral access to the dynamics of highly energetic electrons. The plasma density is measured radially resolved above the structured electrode. We find that the plasma density is significantly enhanced by the presence of structured electrodes due to (i) a cross-firing of energetic electron beams due to sheath expansion from tilted surfaces and (ii) electron confinement inside the structures. This fundamental understanding is used to design specific radial-symmetric electrode topologies yielding a radially homogeneous plasma density at specific heights above the electrode via its effects on the electron heating dynamics.

Fachvortrag

P 7.7 Di 18:15 HS 3

Mode transitions in low pressure discharges. — ●CHRISTIAN KÜLLIG, KRISTIAN DITTMANN, THOMAS WEGNER, and JÜRGEN MEICHNER — Institute of Physics, University of Greifswald, 17489 Greifswald

This contribution is addressed to mode transitions in inductively (ICRF) and capacitively coupled radio frequency (CCRF) discharges. In the CCRF oxygen discharge it is measured the transition from the α to γ -mode by means of spatio-temporal pattern of the excitation rates by means of PROES. Here an additional pattern appears by transition into the γ -mode, which is due to the secondary electron emission. Moreover, the transition is measured as changes in the line integrated electron and negative ion density as well as in its ratio (electronegativity), by means of microwave interferometry (MWI) and simultaneously laser photodetachment. Here the α to γ mode transition causes a change from a strongly high electronegative to low electronegative mode. Especially, this mode transition have strong influence on the temporal behaviour of the discharge, e.g., the afterglow behaviour. A different kind of mode transition will be presented for the ICRF discharge, the E to H mode transition, which is measured as change in the ion saturation current by means of Langmuir probe diagnostics (LPD) and the line integrated electron density by MWI. Moreover, the LPD reveals different spatially (axial, radial) resolved ion saturation current profiles for each mode. Especially the question of the appearance of a hysteresis is not yet clarified in literature and will also concern this contribution.// Funded by the DFG CRC/Transregio 24, project B5.

P 8: Plasmadiagnostik I

Zeit: Mittwoch 14:00–15:30

Raum: HS 2

Hauptvortrag

P 8.1 Mi 14:00 HS 2

Diagnostics for laser-driven plasma accelerators — ●MALTE KALUZA — Institut für Optik und Quantenelektronik, Universität Jena — Helmholtz-Institut Jena

When generating relativistic plasmas with high power laser systems

small-scale particle accelerators can be realized producing particle pulses which exhibit parameters complementary to conventional accelerators. To be able to resolve the physical processes underlying the acceleration mechanisms diagnostics well-suited for this plasma environment need to be designed and realized. In this presentation, several techniques will be introduced and recent results will be discussed. They

have lead to the first time-resolved visualization of the plasma wave necessary for laser-driven electron acceleration, its non-linear evolution and the actual breaking of the plasma wave. Furthermore, diagnostic techniques relevant for laser-driven ion acceleration based on optical and particle probing will be presented.

P 8.2 Mi 14:30 HS 2

Radial profiles of the neutral gas density and the effective transport coefficient from imaging X-ray spectroscopy — •TOBIAS SCHLUMMER, OLEKSANDRE MARCHUK, GÜNTER BERTSCHINGER, WOLFGANG BIEL, and DETLEV REITER — Institute of Energy and Climate Research - Plasma Physics, Forschungszentrum Jülich GmbH, Association EURATOM-FZJ, Partner In the Trilateral Euregio Cluster, Jülich, Germany

X-Ray spectroscopy on seeded mid Z gases is a well established diagnostic for electron and ion-temperature measurements in controlled fusion plasmas. In the past few years the capabilities of X-ray spectroscopy expanded considerably. The use of bifocal crystals lead to compact designs and therefore to more flexible devices while the use of two dimensional CCD detector chips enabled radial resolution. Besides the plasma temperature these spectra also reveal certain ion ratios of the emitting element. These ion ratios are affected by charge exchange with neutral hydrogen and by impurity transport (1). Radially resolved spectra of He-like argon have been measured with the new compact imaging spectrometer for W7-X at TEXTOR. The argon ion ratios were interpreted with respect to charge exchange with a neutral gas background as well as radial impurity transport. Both effects are clearly distinguishable. This introduces imaging X-ray spectroscopy as diagnostic for radial profiles of the neutral gas density and the effective transport coefficient. (1) Bertschinger, Marchuk, High-Temp. Pl. Diag. by X-ray Spectr. in the Low Dens. Limit, Clark, Reiter (Eds.), Nuclear Fusion Research, Underst. Pl.-Surf. Interact. (Springer, 2004) p. 183

P 8.3 Mi 14:45 HS 2

VUV Spektroskopie an Helikon-Entladungen in Wasserstoff — •STEFAN BRIEF^{1,2} und URSEL FANTZ^{1,2} — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM-Assoziation, Boltzmannstr. 2, 85748 Garching — ²AG Experimentelle Plasmaphysik, Institut für Physik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg

Die Verwendung des Helikon-Prinzips zur Erzeugung von Plasmen stellt einen effizienten HF-Einkopplungsmechanismus dar. Da Helikon-Entladungen üblicherweise mit Edelgasen betrieben werden, wurde zur Untersuchung der Eignung des Einkopplungskonzeptes für die Verwendung von Wasserstoff oder Deuterium bei einem Druck von 0,3 Pa ein Laborexperiment aufgebaut. Das Entladungsgefäß besteht aus einer zylindrischen Quarzglasröhre mit 10 cm Durchmesser und einer Länge von 40 cm. Zur Erzeugung des Plasmas wird die Nagoya-Typ III Antenne und ein HF-Generator (Frequenz 13,56 MHz) mit einer maximalen Leistung von 600 W verwendet. Das für die Helikon-Entladung benötigte externe Magnetfeld wird durch Helmholtz-Spulen bereitgestellt ($B_{max} = 14$ mT). Die Charakterisierung der Entladung erfolgt unter anderem mit spektroskopischen Messungen sowohl im sichtbaren als auch im Vakuum-UV Spektralbereich. Dafür stehen zwei absolut kalibrierte Spektrometer (zugänglicher Bereich 105-300 nm bzw.

250-1000 nm) zur Verfügung. Die vorgestellten Ergebnisse konzentrieren sich auf den VUV-Bereich, wobei die Abstrahlung der Werner- bzw. Lyman-Alpha-Linie und der Kontinuumsstrahlung von H₂/D₂ sowie die der Lyman-Alpha-Linie atomarem Wasserstoffs oder Deuteriums untersucht wird.

P 8.4 Mi 15:00 HS 2

Prespektiven der Protonenradiographie - Das PRIOR-Projekt — •PHILIPP-M. LANG¹, DIETER H. H. HOFFMANN¹, ALEXEY KANTSYREV², FESSEHA MARIAM³, FRANK MERRILL³, MARIA RODIONOVA⁴, LEV SHESTOV⁴, SERBAN UDREA¹ und DMITRY VARENTSOV⁴ — ¹TU Darmstadt, Darmstadt, Deutschland — ²ITEP, Moskau, Russland — ³LANL, Los Alamos, USA — ⁴GSF Helmholtzzentrum, Darmstadt, Deutschland

Erste durch Protonenradiographie erzeugte Bilder stammen aus der Mitte des letzten Jahrhunderts. Durch den Einsatz von Ionenoptiken in den 90ern, vorangetrieben vor allem durch das Los Alamos National Laboratory, wurde sie weiterentwickelt zu einer Diagnostik mit vielen verschiedenen Anwendungsbereichen, von der Materialwissenschaft über die Untersuchung warmer dichter Materie bis hin zur Biophysik. Derzeit wird am GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung das Protonenmikroskop PRIOR aufgebaut. Hier sollen Protonen mit Energien bis zu 4.5 GeV eingesetzt werden, und so eine Ortsauflösung von 10 μm und eine Zeitauflösung bis zu 10 ns erreicht werden.

Wir geben einen Überblick über den derzeitigen Status des Projekts und den Möglichkeiten, die PRIOR in Zukunft bieten wird.

P 8.5 Mi 15:15 HS 2

Fast diagnostics for magnetized high density plasmas — •P. KEMPKE^{1,2}, B. BUTTENSCHÖN⁴, O. GRULKE², T. KLINGER^{1,2}, F. MACKEL³, S. RIDDER³, J. TENFELDE³, and H. SOLTWISCH³ — ¹Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald — ²MPI für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Greifswald — ³Ruhr-Universität Bochum — ⁴MPI für Physik, München

The transient evolution of pulsed magnetized high density plasmas raises the requirement for diagnostics with a temporal resolution in the microsecond range. In this contribution, a set of diagnostics for different plasma quantities is presented, consisting of CO₂ laser interferometers for measuring the plasma density, electrostatic triple probes for density and electron temperature estimations and spectroscopic/imaging techniques that can be used for spatial correlation. The development of the diagnostics has been performed in the framework of two different plasma experiments: the FlareLab project aims at the experimental investigation of arched, twisted magnetic flux ropes. These structures are frequently utilized as a descriptive model for arched solar prominences. FlareLab is a classical pulsed-power plasma experiment, where discharge currents ≈10kA form a magnetized plasma arch with electron densities up to 10²³m⁻³ which develop on a microsecond timescale. The other experiment is a high-density helicon plasma cell, which is developed as plasma source for a proton driven plasma wakefield accelerator. As a first stage, this experiment is equipped with a 12 kW rf power supply and operated in a pulsed fashion, in order to reach electron densities around 10²¹m⁻³.

P 9: Komplexe und Staubige Plasmen II

Zeit: Mittwoch 14:00–15:55

Raum: HS 3

Hauptvortrag

P 9.1 Mi 14:00 HS 3

Waves and normal modes in magnetized strongly correlated plasmas — •HANNO KÄHLERT¹, TORBEN OTT², JAN CARSTENSEN³, ALEXI REYNOLDS⁴, MICHAEL BONITZ⁵, GABOR J. KALMAN¹, HARTMUT LÖWEN², FRANKO GREINER³, and ALEXANDER PIEL³ — ¹Boston College, USA — ²HHU Düsseldorf — ³CAU Kiel, IEAP — ⁴University of Birmingham, UK — ⁵CAU Kiel, ITAP

Studying the dynamics of magnetized strongly coupled plasmas is a challenging problem for both theory and experiment. We investigate the wave spectrum of the magnetized strongly coupled one-component plasma theoretically using a combination of the quasi-localized charge approximation (QLCA) and molecular dynamics simulations [1]. The principal waves are well described by the QLCA, which, however, is unable to predict the additional high-frequency excitations found in the simulations. We further explore the transition from parallel to perpen-

dicular wave propagation within the QLCA. A strong *effective* magnetization of the dust particles in a complex plasma is achieved by exploiting the equivalence between the Lorentz force and the Coriolis force (Larmor's theorem) and setting the dust particles into controlled rotation [2]. In principle, this can be accomplished by angular momentum transfer from a rotating neutral gas column. The Coriolis force replaces the Lorentz force in the rotating frame and allows us to study the normal modes of a highly "magnetized" dust cluster.

[1] T. Ott *et al.*, PRL **108**, 255002 (2012); H. Kählert *et al.*, submitted [2] H. Kählert *et al.*, PRL **109**, 155003 (2012); M. Bonitz *et al.*, PSSST **22**, 015007 (2012)

P 9.2 Mi 14:30 HS 3

Einfluss eines starken Magnetfeldes auf die Interpartikelkräfte in einem strömenden Plasma — •JAN CARSTENSEN, FRANKO GREINER und ALEXANDER PIEL — IEAP, Christian-Albrechts-

Universität, Kiel, D-24098 Germany

Die Kräfte zwischen Staubpartikeln in der Plasmarandschicht werden stark durch die Ionenströmung und die damit einhergehende Bildung einer Ion-Wake Region im Windschatten der Partikel beeinflusst. Dies gilt insbesondere für die Kraftkomponente parallel zur Ionenströmung. In diesem Beitrag wird gezeigt, dass ein starkes paralleles Magnetfeld zu einer Abschwächung der Interpartikelkräfte führt. Diese Abschwächung ist bei magnetischen Flussdichten von ca. 1 T zu beobachten, gerade wenn die Ionenzyklotronfrequenz vergleichbar mit der Ionenplasmafrequenz wird, wie es u.a. von Modellen in linear response Näherung vorhergesagt wird. Des Weiteren wird der Einfluss des Ion Wakes auf die Partikelladung und die Asymmetrie der Interpartikelkräfte diskutiert. Wir erwarten, dass dieser Effekt in zukünftigen Untersuchungen der Dynamik und Struktur von Staubclustern in stark magnetisierten Plasmen eine wesentliche Rolle spielt.

Diese Arbeit wurde gefördert durch den SFB-TR24 im Projekt A2.

Fachvortrag P 9.3 Mi 14:45 HS 3

The PK-4 Project: Complex Plasma Microgravity Experiments in a DC Discharge — ●MARKUS THOMA and PK-4 TEAM — Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik, 85748 Garching

PK-4 is an experiment facility for investigating complex (dusty) plasmas in a dc discharge under microgravity conditions onboard the ISS. It will be the successor of the ISS experiments PKE-Nefedov and PK-3 Plus designed and operated by the Max-Planck-Institute for Extraterrestrial Physics (MPE) and the Joint Institute for High Temperatures (JIHT) in Moscow. The launch of PK-4 is scheduled for 2014 followed by an operation phase of several years on the ISS. In addition laboratory experiments on ground as well as parabolic flight experiments in reduced gravity have been performed with various PK-4 set-ups at MPE and JIHT since 2002. In the present talk the PK-4 project will be introduced and recent parabolic flight experiments from 2012 with PK-4 will be discussed. Among those are investigations of non-Hamiltonian systems and of particle velocities and charges.

P 9.4 Mi 15:10 HS 3

Dynamik toroidaler Staubströmungen — ●TORBEN REICHSTEIN, JOCHEN WILMS und ALEXANDER PIEL — IEAP, CAU Kiel

In staubigen Plasmen sind neben statischen Strukturen auch dynamische Prozesse wie Strömungen und Wellen zentrale Forschungsthemen. Das Wechselspiel von Experiment und Theorie hilft dabei, zu einem detaillierten Verständnis der zugrunde liegenden Mechanismen zu gelangen. Am Beispiel eines magnetisierten anodischen Plasmas soll dies veranschaulicht werden. Hier bilden sich torusförmige Staubstrukturen mit einer komplexen Strömungsdynamik aus. Ausgehend von experimentellen Befunden wurde ein hierarchisches Modell zur Beschreibung des Einschusses und der mittleren Strömung entwickelt [1]. Eine Erweiterung des Modells ermöglichte 3D-MD-Simulationen von Yukawa-Teilchen in einer toroidalen Falle. Neben einer guten Beschreibung der experimentellen Befunde konnten zusätzliche dynamische Prozesse wie strukturelle Phasenübergänge oder die spontane Ausbildung von Kelvin-Helmholtz-Instabilitäten beobachtet werden [2]. Vergleiche zwischen diesen Simulationen und ersten Experimenten dieser bislang nur in den Simulationen zu beobachteten dynamischen Prozesse werden vorgestellt.

Gefördert durch SFB-TR24/A2.

[1] I. Pilch et al., Phys. Plasmas 15, 103706, 2008

[2] T. Reichstein et al., Contrib. Plasma Phys. 52, 813, 2012

P 9.5 Mi 15:25 HS 3

Dreidimensionale Staub-Cluster in Rotierender Neutralgasströmung — ●JAN SCHABLINSKI¹, DIETMAR BLOCK¹, ANDRÉ MELZER² und ALEXANDER PIEL¹ — ¹IEAP, Christian-Albrechts-Universität Kiel, Leibnizstraße 19, 24098 Kiel — ²IP, Ernst-Moritz-Arndt-Universität, 17487 Greifswald

Im Fall von Plasmaströmungen und insbesondere bei niedrigen Drücken von wenigen Pascal und verhältnismäßig großen Staubpartikeln, die in einem Plasma eingeschlossen sind, bildet sich hinter den Partikeln ein Ionenfokus aus und sorgt für eine stark anisotrope Wechselwirkung der Partikel [1]. Hierdurch werden sowohl die Struktur als auch die Stabilität der Staub-Cluster signifikant beeinflusst. Dieser Beitrag stellt das Kieler SDIH-Experiment (stereoskopische digitale inline Holografie) vor, welches eine präzise Messung der 3D-Partikeltrajektorien ermöglicht [2] und zeigt Messungen finiter, 3D-Staub-Cluster in einer differentiell rotierenden Neutralgasströmung, die durch eine rotierende Elektrode erzeugt wird [3]. Es zeigt sich, dass trotz eines verscherten Antriebs das gesamte System in eine starre Rotation versetzt werden kann. Vereinzelt kann dabei in einem bestimmten Parameter-Regime zusätzlich eine differentielle Inter-Schalen-Rotation beobachtet werden. Sowohl aus den strukturellen als auch den dynamischen Eigenschaften des getriebenen Systems lassen sich Erkenntnisse über die Interpartikel-Wechselwirkung sowie die Stabilität der Cluster gewinnen. [1] A. Melzer et al., PRE 54 (1996); [2] M. Kroll et al., IEEE Trans. on Plasma Sci., vol.38, no.4 (2010); [3] J. Carstensen et al., Phys. Plasmas 16 (2009)

P 9.6 Mi 15:40 HS 3

Einschluß von Nanostaub in magnetisierten Plasmen — ●FRANKO GREINER, BENJAMIN TADSEN, NILS KÖHLER, DAVID GRUNER, JAN CARSTENSEN und ALEXANDER PIEL — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik der Christin-Albrechts-Universität, 24098 Kiel

Es ist allgemein bekannt, dass in Argon-Azetylen Plasmen ausgedehnte Wolken von Nanostaub erzeugt werden können. Dabei wird das Auftreten von staubfreien Bereichen, sogenannten 'Voids' und von Wachstums-Zyklen, der 'growth oscillation' beobachtet. Beide Phänomene sind direkt an die Größe der Staubpartikel gekoppelt. Schon die Magnetisierung der Plasma-Elektronen führt zur Zerstörung der ausgedehnten Wolken, Nanoteilchen werden nur noch in den elektrodennahen Bereichen produziert und eingeschlossen. Offenbar wird der Einschluß der Nanoteilchen im Plasmavolumen durch das Magnetfeld stark verändert. Wir vermuten, dass die durch die Lorentzkraft in azimutale Rotation versetzten Ionen eine globale Neutralgasrotation induzieren, die zum Auswurf der Nanoteilchen aus dem Plasma führt. Um in magnetisierten Plasmen ausgedehnte Nanostaub-Wolken zu erzeugen, werden deshalb spezielle Elektrodendesigns genutzt. Die erzeugten Nanostaub-Wolken können Void-frei sein und zeigen sowohl selbst erregte Staub-Dichte-Wellen als auch explosionsartige Staub-Auswürfe.

Gefördert durch die DFG im SFB-TR24 Greifswald-Kiel, Teilprojekt A2 'Dynamics of magnetized dusty plasmas'.

P 10: Poster: Plasmadiagnostik

Zeit: Mittwoch 16:30–18:30

Raum: Poster EG

P 10.1 Mi 16:30 Poster EG

Measurement of ion velocity distributions (IVDFs) of mass selected nano-sized cluster ions — ●MARINA GANEVA¹, ANDREI PIPA², and RAINER HIPPLER¹ — ¹Institut für Physik, Universität Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 6, 17487 Greifswald — ²Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V., Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald

Clusters with a size of 1–10 nm have a wide range of applications. Since the velocity of clusters determines the cluster-surface interaction mode, it significantly influences the deposition process and, hence, characteristics of the deposited film. The present work reports the measurements of the velocity distribution of mass selected nanoclusters. A quadrupole mass filter (QMF) in connection with a retarding field analyzer (RFA)

has been employed. The challenge related to the detection of a very low cluster ion signal is overcome by the use of QMF detection plates as an RFA controlled by an external sourcemeter. The velocity distribution functions for copper cluster ions with a size in the range of 5–10 nm range were measured. The IVDFs of positively and negatively charged clusters are presented. The results show that the measured IVDFs can be fitted by a Maxwell velocity distribution for a single direction (Gauss function). For cluster ions of size 5 nm two groups with different most probable velocity were observed.

P 10.2 Mi 16:30 Poster EG

Study of NO formation in pulsed low-pressure air-like plasma — ●SERGEY GORCHAKOV¹, MARKO HÜBNER¹, OLIVIER GUAITELLA², DANIL MARINOV², ANTIONE ROUSSEAU², JÜRGEN RÖPCKE¹, and

DETLEF LOFFHAGEN¹ — ¹INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald, Germany — ²LPP, Ecole Polytechnique, UPMC, Université Paris Sud-11, CNRS, Palaiseau, France

NO formation in a low-pressure air-like plasma has been analyzed using quantum cascade laser absorption spectroscopy (QCLAS) both in the active and the afterglow phase of a pulsed discharge. A new optical technique has been developed in order to measure species densities with a time resolution in the μs -range. The influence of spectral distortions, due to the fast spectral scanning, has been treated by a calibration routine in order to obtain absolute number densities. For a 5 ms pulse at mean currents in the range from 50 to 150 mA, an NO production rate between 1.0×10^{16} and 1.7×10^{16} molecules per second has been measured. A self-consistent numerical model consisting of the time-dependent electron Boltzmann equation and a system of rate equations for various heavy particles has been applied to analyze the temporal evolution of the NO concentration during the plasma pulse and in its afterglow. Main reaction kinetics channels for NO production and destruction are presented. Results predicted by the model are discussed in comparison with those measured by QCLAS technique.

P 10.3 Mi 16:30 Poster EG

Diagnostics for rapidly moving plasma loops — •FELIX MACKEL¹, SASCHA RIDDER¹, JAN TENFELDE¹, PHILIPP KEMPKES², and HENNING SOLTWISCH¹ — ¹Ruhr-Universität Bochum — ²MPI for Plasma Physics, EURATOM Association, Greifswald

The FlareLab experiment is a pulsed power discharge that produces plasma filled arch-shaped magnetic flux tubes evolving on a microsecond timescale. To determine the electron density of the moving arch, a set-up for optical emission spectroscopy with lines-of-sight at different arch positions was installed. The spectroscopic measurements were complemented by a CO₂ laser interferometer, measuring the line-integrated electron density in the flux tube's apex at different loop expansions. Measurements with invasive Rogowski coils revealed a considerable discrepancy of the current flowing through the luminous arched structure and the capacitor current. Due to the missing current, coils of various diameter were utilised at different positions in the electrode system's vicinity. Recently, a photodiode has been installed to investigate the generation of vacuum UV radiation and soft X-rays by fast particles. First preliminary results are shown which appear to correlate with flux tube features observed with a fast camera.

P 10.4 Mi 16:30 Poster EG

Development of innovative diagnostics for transient plasma processes — •BENJAMIN BACHMANN and JOCHEN SCHEIN — University of the German Federal Armed Forces Munich, Institute for Plasma Technology and Mathematics, Germany

The experimental characterization of transient thermal plasma processes is a challenge for existing diagnostics due to the increasing degree of automation involving transient processes of complex plasma gas mixtures. To meet this demand we developed three plasma diagnostics allowing for spatially and temporally resolved high-resolution optical emission spectroscopy, acquisition of information of the electric current density distribution in arcs by magnetic field measurements and the temperature estimation of unknown plasma mixtures by probing with evaporating droplets whose thermophysical properties can be measured by intrinsic droplet oscillations.

Instead of utilizing a spectrometer we analyze high speed images recorded with appropriate spectral band filters which are used to determine spatially-resolved spectral intensities of line- and continuum radiation of an Argon plasma. The reconstruction of axially symmetric plasma temperature is performed by Abel inversion and based on the Saha equilibrium. In addition the distribution of the magnetic field components measured by means of Hall sensors placed around the plasma is used to reconstruct the spatial distribution of the electric current density of an arc. Finally the drop oscillation method is utilized to measure thermophysical droplet properties in gas metal arcs allowing for estimation of the surrounding plasma temperature.

P 10.5 Mi 16:30 Poster EG

Reconstruction of electron density perturbations using lithium beam emission spectroscopy — •FLORIAN MARTIN LAGNER¹, ELISABETH WOLFRUM², MATTHIAS WILLENSDORFER¹, GREGOR BIRKENMEIER², TATSUYA KOBAYASHI³, FRIEDRICH AUMAYR¹, and THE ASDEX UPGRADE TEAM² — ¹Institute of Applied Physics, Vienna University of Technology, EURATOM-ÖAW Association, Wiedner Hauptstr. 8-10, 1040 Vienna, Austria — ²Max Planck Institute for Plasma Physics, EURATOM Association, Boltz-

mannstr. 2, 85748 Garching, Germany — ³Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences, Kyushu University, Fukuoka 816-8580, Japan

The lithium beam diagnostic at ASDEX Upgrade is routinely used to measure plasma edge electron density (n_e) profiles. With a recently installed diagnostics upgrade (better light sensitivity and faster data acquisition) one can resolve turbulent structures at the plasma edge.

A sensitivity study is performed to quantify the capabilities of the diagnostic. The response of the emission profile to a n_e perturbation depends on the radial position of the perturbation. It is possible to resolve n_e perturbations in the scrape off layer (SOL) with a high accuracy in perturbation height and width.

First experimental results from a 800 kA, ECRH heated, L-mode discharge are interpreted. The SOL n_e perturbations reach 100% of the average n_e value which is consistent with the SOL n_e being dominated by intermittent bursts.

P 10.6 Mi 16:30 Poster EG

Comparative electron density measurements of microwave interferometry and Langmuir probe diagnostics. — •CHRISTIAN KÜLLIG, THOMAS WEGNER, and JÜRGEN MEICHSNER — Institute of Physics, University of Greifswald, 17489 Greifswald

Microwave interferometry (MWI) and Langmuir probe diagnostics (LPD) are comparatively applied at a capacitively coupled radio frequency (CCRF) discharge, which is rarely presented in literature. Thereby, the non-invasive MWI directly provides line integrated electron densities $\tilde{n}_{e,mwi}$. Whereby, the probe diagnostics provides local electron density $n_{e,p}$ values, but is disturbing the discharge. This contribution presents results of the LPD regarding the spatial distribution (radial, axial) of the ion saturation current. The current maximum at the position s of the axial profile shows a pressure dependence $\propto p^{-1/3}$, like a collision dominated sheath, for CCRF argon and oxygen plasma. Whereby, s corresponds approximately to the mean RF sheath thickness. Moreover, this contribution shows radial resolved electron density profiles $n_e(r)$, which are determined by means of LPD using the Druyvesteyn evaluation. This radial absolute electron density profiles are numerically integrated ($\tilde{n}_{e,p} = \int n_{e,p} dz$) and provide line integrated electron density values. These can be compared with the line integrated electron density values measured by means of MWI, $\tilde{n}_{e,mwi}$. The line integrated electron density from LPD differs in a factor of 0.37 compared with MWI, which is in good accordance with literature.

// Funded by the DFG CRC/Transregio 24, project B5.

P 10.7 Mi 16:30 Poster EG

Mode transitions in inductively coupled RF discharges. — •THOMAS WEGNER, CHRISTIAN KÜLLIG, and JÜRGEN MEICHSNER — Institute of Physics, University of Greifswald, 17489 Greifswald

Plasma parameters of an inductively coupled radio frequency (ICRF) discharge in argon and oxygen were measured by Gaussian beam microwave interferometry (MWI) and Langmuir probe diagnostics (LPD). The inductive coupled source consists of a planar double spiral antenna (2.75 windings, 115 mm diameter)* and a quartz cylinder. Whereby, the quartz cylinder serves as dielectric barrier and separates additionally the antenna from the vacuum in the plasma vessel. The energy transfer into the plasma is realized by powering the center of the antenna by means of a RF power generator through a matching network. The peak-to-peak voltage was chosen as an applicable parameter to describe the mode transition from E to H-mode by the line integrated electron density (MWI) and the ion saturation current (LPD). Thereby, the mode transition is characterized by a significant increase of the line integrated electron density up to two orders of magnitudes from 10^{15} to 10^{17} m^{-2} and a decrease of the peak-to-peak voltage depending on the pressure. Comparable results are achieved for the ion saturation current. First investigations regarding the hysteresis behavior show that their existence depends on pressure and matching situation.

*Cooperation with J. Schulze and U. Czarnetzki (Ruhr-University Bochum)

Funded by the DFG CRC/Transregio 24, project B5.

P 10.8 Mi 16:30 Poster EG

Zeitaufgelöste experimentelle Untersuchung und Modellierung einer Mikrowellenentladung in Argon — MATHIAS ANDRASCH, •MARGARITA BAEVA, JÖRG EHLBECK, DETLEF LOFFHAGEN und KLAUS-DIETER WELTMANN — INPGreifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald, Germany

Mikrowellenplasmen zeichnen sich durch hohe Dichten der erzeugten Ladungsträger und aktiven Spezies aus. Da direkte Diagnostik nicht immer durchführbar ist, werden nichtinvasive Diagnostik und Modellierung eingesetzt. In dieser Arbeit wird ein Mikrowellen-Argonplasma bei 2.45 GHz im Druckbereich von 5 bis 100 mbar sowohl experimentell als auch durch ein räumlich zweidimensionales Fluidmodell untersucht. Die Entladung wurde durch eine resonante Struktur am Ende des Innenleiters initiiert. Der Gasfluss wurde von 30 bis 1000 sccm variiert, wobei eine absorbierte Leistung von 20 bis 125 W detektiert wurde. Im abklingenden Plasma erfolgten Messungen die Elektronendichte mittels eines heterodynischen Mikrowelleninterferometers (45.5 GHz). Das Modell beschreibt selbstkonsistent die Gasströmung, Energieeinkopplung ins Plasma und Reaktionskinetik. Eingangsgrößen sind Umgebungsdruck, Flussrate und anregende Leistung. Die Modellrechnungen liefern die räumliche Verteilung der Teilchendichten, der Gas- und Elektronentemperatur und der absorbierten Mikrowellenleistungsdichte. Ergebnisse bei einem Druck von 20 und 40 mbar, einer Flussrate von 250 sccm und einer anregenden Leistung von 100, 240 und 300 W werden präsentiert und mit experimentellen Werten verglichen.

P 10.9 Mi 16:30 Poster EG

Die Geschichte kalorimetrischer Sonden — SVEN BORNHOLDT, MAIK FRÖHLICH und •HOLGER KERSTEN — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, CAU Kiel

Der Zusammenhang zwischen Energieeintrag aus dem Plasma und den daraus resultierenden Oberflächeneigenschaften bei der Plasma-Wand-Wechselwirkung ist ein wichtiges Forschungsgebiet, welches besonders für anwendungsnahe Entwicklung von großem Interesse ist. Durch die Entwicklung dieses Forschungsbereichs entwickelten sich auch verschiedene diagnostische Zugänge, die meist die Messung des Energieeintrags auf das Substrat durch die damit verbundene Temperaturänderung der behandelten Oberfläche zu Grunde legen.

In diesem Beitrag werden die populärsten kalorimetrischen Sonden für die Plasmaprozesstechnik, deren grundlegende Prinzipien und verschiedene Weiterentwicklungen bzw. Optimierungen vor- und gegenüber gestellt.

Die Vielseitigkeit und Flexibilität kalorimetrischer Sonden spiegelt sich in einer Vielzahl von wissenschaftlichen Veröffentlichungen wider, die nicht nur das Gebiet der Niedertemperaturplasmen abdecken, sondern auch fusionsrelevante Aspekte der Plasmatechnologie beinhalten.

Die neuesten Entwicklungen zeigen einen Trend zur Kombination mit anderen diagnostischen Methoden, die die Einsatzgebiete weiter ausbauen und ein noch umfassenderes Bild von der Plasma-Wand-Wechselwirkung liefern.

P 10.10 Mi 16:30 Poster EG

Ladungsunabhängige Messungen im Ionenstrahl auf ebene Messtargets — •ALEXANDER SPETHMANN, JAKOB RUTSCHER, THOMAS TROTTEBERG und HOLGER KERSTEN — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, D-24098 Kiel

Breitstrahlenquellen finden vielfältigen Einsatz zur industriellen Oberflächenbehandlung, zur Plasmaheizung in Fusionsanlagen sowie als Antriebe von Raumfahrzeugen.

Im Gegensatz zu elektrostatischen Messungen im Teilchenstrahl, z.B. mit Faraday-Bechern und Gegenfeldanalysatoren, werden in diesem Beitrag ladungsunabhängige Diagnostiken vorgestellt: Die Thermosonde, die Kraftsonde und die Sputtersonde [1] messen die Einträge von Leistungen bzw. Kräften auf ebene Targetflächen im Strahl.

Bei Messungen im Teilchenstrahl nehmen bisher unbeachtete Effekte sowohl in der Targetkammer als auch auf dem Messtarget selbst Einfluss auf die Messergebnisse. Mit den hier vorgestellten Diagnostiken werden diese Effekte näher untersucht. Dazu werden die ladungsunabhängigen Diagnostiken untereinander und mit den konventionellen elektrostatischen Methoden verglichen.

Die verschiedenen Effekte werden in einem durch Messergebnisse verifizierten Modell berücksichtigt. Dieses Modell beinhaltet Strahldivergenz, Ladungsaustauschstöße in der Targetkammer zwischen Strahlionen und Neutralgas sowie die Wechselwirkung des Strahls mit dem Messtarget an sich.

[1] Trottenberg et al., Plasma Phys. Control. Fusion 54 (2012) 124005

P 10.11 Mi 16:30 Poster EG

Doppelsonden als robuste Diagnostik zur Bestimmung der Plasmadichte in HF-Quellen für die Produktion negativer Wasserstoffionen — •CHRISTIAN WIMMER, URSEL FANTZ, DIRK WÜNDERLICH und NNBI-TEAM — Max-Planck-Institut für Plasma-

physik, EURATOM Assoziation, 85748 Garching

Homogenität der Plasmadichte ist ein wichtiger Parameter für das physikalische Verständnis leistungsstarker Quellen negativer Wasserstoffionen, welche für die Neutralteilchenheizung von ITER benötigt werden: Die effektive Erzeugung von H^- erfolgt an einer mit Cäsium bedampften Oberfläche durch Konversion im Plasma dissoziierten Wasserstoffs. Zur Erhöhung der Extraktionswahrscheinlichkeit dieser ist eine Verringerung der Elektronentemperatur und -dichte durch ein magnetisches Filterfeld notwendig. Aufgrund dieses Magnetfelds entsteht eine Plasmadrift, weswegen Diagnostiken zur Homogenitätsbestimmung – insbesondere nahe der Konversionsoberfläche – wünschenswert sind. Doppelsonden bieten dabei den Vorteil gegenüber Einzel-Langmuirsonden intrinsisch HF-kompensiert zu sein. Aufgrund der Begrenzung durch den geringeren Ionenstrom ist ebenfalls ein mechanisch robusterer Aufbau durch Verwendung höherer Drahtdicken möglich. Dies begünstigt einen Einsatz von Doppelsonden als Monitor der Plasmadichte zur Bestimmung optimaler Betriebsszenarien. Vorgestellt werden Vergleiche der durch Doppel- und Einzelsonden ermittelten Plasmadichte.

P 10.12 Mi 16:30 Poster EG

A novel Diagnostic System based on the Concept of the Multipole Resonance Probe — •TIM STYRNOLL¹ and MRP TEAM² — ¹Institute for Electrical Engineering and Plasma Technology, Ruhr-University Bochum, Universitätsstrasse 150, Building ID, Room 1/517, 44801 Bochum, Germany, styrnoll@aep.rub.de — ²Department for Electrical Engineering and Information Technology, Ruhr-University Bochum

The MRP was recently proposed as an economical and industrially-compatible plasma device. Therefore the device must be i) robust and stable, ii) insensitive against perturbation of the process, iii) itself not perturbing the process, iv) clearly and easily interpretable without the need of calibration, v) compliant with the requirements of process integration and last not least, vi) economical in terms of investment, footprint and maintenance. The multipole resonance probe (MRP) is diagnostic based on the idea of active resonance spectroscopy. This idea dates back to the early days of discharge physics and uses the ability of every plasma to resonate on or near the electron plasma frequency, which is related to the electron density, -temperature and -collision frequency. These parameters can be used to supervise/monitor and characterize technological plasmas. This work shows MRP measurements, taken with a newly developed electronic measurement device leaving no need for an expensive network-analyzer.

P 10.13 Mi 16:30 Poster EG

Calibration of the magnetic diagnostics for the Wendelstein 7-X-stellarator — •THOMAS WINDISCH, MICHAEL ENDLER, OLAF GRULKE, and THOMAS SUNN PEDERSEN — MPI for Plasma Physics. EURATOM association, 17491 Greifswald

The W7-X stellarator will be equipped with a multitude of magnetic diagnostics. In order to reconstruct the magnetic equilibrium the plasma energy, plasma current, Pfirsch-Schlüter currents and the plasma current distribution have to be measured with high accuracy. The diagnostics for this purpose consist of diamagnetic loops, saddle loops and Rogowski coils. Due to the long pulse length up to 1800 s the signal amplitude exhibits a variation up to nine orders of magnitude. In addition magnetic fluctuations, e.g. due to Alfvén eigenmodes, are measured using 120 Mirnov coils in the high frequency range $f < 1$ MHz. In this presentation the planned calibration system of the assembled equilibrium diagnostics is discussed. Since eddy currents in the plasma vessel and wall protection elements strongly affect the signals, the calibration can not be done prior to assembly. Additionally, the influence of perturbing signals like the current flowing in the W7-X field coils has to be analyzed. The calibration system is based on four toroidal wires that are driven with frequencies up to 2 kHz and currents up to 2 kA. The use of several toroidal wires allows testing of the segmented Rogowski coils. These coils will be used to measure the current distribution in the plasma. The calibration system will be used to quantify the degree of pickup signals in the diamagnetic loops, which in principle should be immune to toroidal currents.

P 10.14 Mi 16:30 Poster EG

Metastabilendynamik in HiPIMS-Plasmen — •ALEXANDER KANITZ, MARC BÖKE, TERESA DE LOS ARCOS, ANTE HECIMOVIC und JÖRG WINTER — Ruhr-Universität Bochum, EP II, 44801 Bochum

Speziell in HiPIMS-Plasmen (High-Power Impulse Magnetron Sputtering), die sich durch kurze Pulsdauern von einigen 10 - 100 μ s und ho-

he Leistungsdichten auszeichnen, sind Metastabile nicht nur während des Plasmapulses, sondern aufgrund ihrer langen Lebensdauer auch im Afterglow eine wichtige Komponente. Sie geben zum einen Aufschluss über die Entladungsdynamik und Gastemperatur, zum anderen sind sie auch ein wichtiger Faktor in Anregungsprozessen. Durch die räumliche Inhomogenität und zeitliche Entwicklung des HiPIMS-Plasmas müssen die Metastabilendichten orts- und zeitaufgelöst gemessen werden. Besonders eignen sich hierzu Messungen des Absorptionsprofils mit durchstimmbaren Laserdioden. In diesem Fall wird der Übergang der Ar-Metastabilen von $1s_5$ bei 772,37 und 811,53 nm untersucht. Der schmalbandige Laserstrahl wird durch ein strahlaufweitendes Linsensystem geleitet und durchquert dann das Plasma. Das Signal wird hinter dem Plasma mit einem Array von Fotodioden detektiert und erlaubt so gleichzeitige Orts- und Zeitauflösung. Erste Ergebnisse werden vorgestellt. Gefördert durch die DFG im Rahmen von SFB-TR 87.

P 10.15 Mi 16:30 Poster EG

Ortsaufgelöste optische Emissionsspektroskopie an einer großflächigen Quelle für negative Wasserstoffionen — ●DIRK WÜNDERLICH¹, FEDERICA BONOMO² und NNBI-TEAM¹ — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, 85748 Garching, EURATOM Assoziation — ²Consorzio RFX-Associazione Euratom-Enea sulla Fusione, 35127 Padova, Italy

Das für Heizung und Stromtrieb an ITER vorgesehene Neutralteilchen-Injektionssystem basiert auf HF-Quellen für negative Wasserstoff- oder Deuteriumionen. Am MPI für Plasmaphysik wurden Prototypen (mit etwa 1/8 der Größe der Ionenquelle für die ITER-NBI) entwickelt und erfolgreich betrieben. Aufbauend auf diesen Erfahrungen wurde der Teststand ELISE ($A_{\text{extr}} = 0.1 \text{ m}^2$, halbe Größe der für ITER vorgesehenen Extraktionsfläche) errichtet.

Die Physik der Erzeugung der negativen Ionen an den inneren Oberflächen der Quelle und des Transports der Ionen im Quellenplasma ist eng verknüpft mit den Dichten und Temperaturen aller Teilchensorten im Plasma. Die Charakterisierung der Abhängigkeit der Plasmaparameter von den Quellenparametern ist daher eine entscheidende Komponente für die Optimierung des Betriebs von ELISE.

Für derartige Untersuchungen steht die optische Emissionsspektroskopie mit insgesamt 13 Kanälen zur Verfügung. In einem ersten Schritt wird die räumliche Verteilung der Plasmaemission untersucht und zusätzlich eine tomographische Analyse durchgeführt. Letztere liefert als Resultat die zweidimensionale Struktur der Plasmastrahlung in einer Ebene nahe des Extraktionssystems.

P 10.16 Mi 16:30 Poster EG

Time-resolved diagnostics of an ECWR assisted HiPIMS discharge for thin film deposition at low pressure — ●STEFFEN DRACHE¹, VITEZSLAV STRANAK¹, ANN-PIERRA HERRENDORF¹, MARTIN CADA², ZDENEK HUBICKA², and RAINER HIPPLER¹ — ¹Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald, Institut für Physik, Felix-Hausdorff-Str. 6, 17489 Greifswald, Germany — ²Institute of Physics v. v. i., Academy of Science of the Czech Republic, Na Slovance 2, 182 21 Prague, Czech Republic

The ionization degree and energy of impinging plasma particles play a major role on the final chemical phase, degree of crystallinity, film density, and microstructure of the deposited layer. A low working pressure thus becomes more favorable to obtain more energetic ions due to the reduced collisionality in the plasma sheath in front of the substrate. For this reason a magnetron sputtering source equipped with a Ti target was built into a particular type of an inductively coupled plasma (ICP) source which makes use of the electron cyclotron wave resonance

(ECWR) effect. The result is a facility that enables high power impulse magnetron sputtering (HiPIMS) at significantly reduced working pressure. Several time- and spatial-resolved diagnostics were employed to characterize the discharge: Langmuir probe was used to evaluate electron properties, while optical emission spectroscopy (OES), energy-dispersive mass spectrometry together with a retarding field energy analyzer (RFA) were used to investigate ions and other plasma active species in the discharge. Interestingly, a large fraction of double charged metal ions with high energies $E > 200 \text{ eV}$ was found.

P 10.17 Mi 16:30 Poster EG

Optische Emissionsspektroskopie an Keramik-Mikroentladungen bei erhöhtem Druck — ●JUDITH GOLDA¹, VALENTIN FELIX², RÉMI DUSSART², LAWRENCE OVERZET^{2,3} und VOLKER SCHULZ-VON DER GATHEN¹ — ¹Ruhr-Universität Bochum, RD Plasma, 44801 Bochum, Deutschland — ²GREMI, CNRS, 45067 Orleans, Frankreich — ³University of Dallas, Texas, USA

Wir berichten über spektroskopische Untersuchungen einer Einzelloch-Mikroentladung (MHCD), an der das Verhalten der Rotationstemperaturen und Linienverhältnisse in Bezug auf Druck, Leistung und Gaszusammensetzung jeweils für die Anoden- und Kathodenseite bestimmt wurde. Die MHCD wird im DC Modus bei Strömen von 1 bis 15 mA und Drücken zwischen 133 bis 1000 mbar in Argon und Helium mit geringen Molekulargasbeimischungen betrieben. Das Bauteil besteht aus 450 μm dicker Keramik und ist mit Nickel-Elektroden sowie einem lasergebohrten Loch von 200 μm Durchmesser versehen.

Bei der Auswertung des (2,0) Bandes des zweiten positiven Systems wurde besonderes Augenmerk auf den Einfluss des Hintergrunds, der Signalintensität und den Überlapp der Banden gelegt. Die Elektrodendichten, die mit Hilfe von Linienverhältnissen abgeschätzt wurden, erhöhen sich mit zunehmendem Strom. Die Auswertung hoher Rotationsquantenzahlen $J (>40)$ ergibt signifikant höhere Temperaturen als die niedrigeren.

Dieses Projekt wurde unterstützt durch die Forschergruppe FOR1123, das Procope Projekt 54366312 sowie das Marie-Curie IIF.

P 10.18 Mi 16:30 Poster EG

FTIR spectroscopy studies of aluminium tri-isopropoxide (ATI) in an rf plasma — MARKO HÜBNER¹, ●MAIK FRÖHLICH², HAGOP TAWIDIAN³, MAXIME MIKIKIAN³, HOLGER KERSTEN², and JÜRGEN RÖPCKE¹ — ¹Leibniz Institute for Plasma Science and Technology e.V. (INP), D-17489 Greifswald, Germany — ²Institute of Experimental and Applied Physics, Kiel University, D-24098 Kiel, Germany — ³GREMI, UMR 7344, CNRS/Université d'Orléans, 45067 Orléans Cedex 2, France

Metal oxide films are widely used in a variety of products. Their properties make them interesting for a growing field of applications. Due to their hardness, chemical resistance and low conductivity, they are applied e.g. in the production of cutting tools, in solar cells or in OLEDs. The metal oxide layers can be deposited using plasma-enhanced chemical vapour deposition (PECVD). Thus, the properties of the layer are governed by the plasma induced chemistry.

In this work aluminum tri-isopropoxide (ATI) containing plasmas were investigated, typically used for the deposition of alumina based coatings. An FTIR-study of the plasma volume, including the ATI molecules and 6 by-products, has been done for an Ar / ATI and Ar / N₂ / ATI gas mixture. The absolute concentration and the degree of dissociation of the ATI-molecules as well as the fragmentation efficiency and fragmentation rate have been calculated and, thereby, exhibit important information about the plasma chemistry.

P 11: Poster: Niedertemperaturplasmen

Zeit: Mittwoch 16:30–18:30

Raum: Poster EG

P 11.1 Mi 16:30 Poster EG

Electron-beam induced plasma-chemistry — ●ANDREAS HIMPSL¹, THOMAS DANDL¹, MAXIMILIAN GRABNER¹, JOCHEN WIESER², and ANDREAS ULRICH¹ — ¹Physik Department E12, Technische Universität München, James-Frank-Str. 1, 85748 Garching — ²Optimare Analytik GmbH & Co KG, Emsstr. 20, 26382 Wilhelmshaven

A novel technique for performing plasma-chemical reactions is devel-

oped. Low energy (12 keV) electrons are sent through thin (300 nm) ceramic membranes into gases at atmospheric pressure. The short range of these electrons in the gas leads to high power densities on the order of 100 W/cm³. Test-experiments in which mass spectrometry is used to study the chemical reactions in a 40 mm long micro-plasma will be presented. Decomposition of CO₂ will be used as a first model reaction. The results will be discussed in comparison with so called radiolysis experiments which have been performed for already about 100 years using various high energy projectiles such as electrons, protons,

alpha-particles, and fission fragments.

P 11.2 Mi 16:30 Poster EG

Helikon Entladungen in Wasserstoff und Deuterium — ●PATRICK GUTMANN¹, STEFAN BRIEF^{1,2} und URSEL FANTZ^{1,2} — ¹AG Experimentelle Plasmaphysik, Institut für Physik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM-Assoziation, Boltzmannstr. 2, 85748 Garching

Verglichen mit induktiv gekoppelten Plasmen (ICPs) zeichnen sich Helikon-Entladungen durch höhere Elektronendichten bei gleicher eingekoppelter HF-Leistung aus. Dies macht sie für die Erzeugung des Driver-Plasmas in Quellen negativer Wasserstoffionen interessant: Ziel deren Entwicklung ist unter anderem, die benötigte Leistung zu reduzieren, wobei Ionendichte und Dissoziationsgrad des Plasmas gleich bleiben sollen. Aktuell kommen am Driver von Ionenquellen für die Fusion ICPs zum Einsatz, die mit einer Frequenz von 1MHz betrieben werden und bis zu 100kW Leistung benötigen. In einem Experiment an der Universität Augsburg werden Helikon-Entladungen untersucht, um die Anwendbarkeit des Einkopplungskonzeptes für Wasserstoff sowie Deuterium zu untersuchen. Dabei wird eine Entladungsröhre mit 10cm Durchmesser verwendet. Ausgehend von einer eingekoppelten Leistung von 600W ($f = 13,56\text{MHz}$), einem Druck von 0,3Pa und einem externen Magnetfeld von 12mT werden diese Parameter variiert. Ebenso wird neben der Nagoya-Typ III Antenne eine weitere Antennengeometrie charakterisiert. Die Dichte der positiven Ionen sowie die Elektronentemperatur werden mit einer Doppelsonde und der Dissoziationsgrad mit optischer Emissionsspektroskopie bestimmt. Die Ergebnisse dieser Messungen werden vorgestellt und diskutiert.

P 11.3 Mi 16:30 Poster EG

Momentum transport associated with drift waves — ●TIM TEICHMANN¹, OLAF GRULKE¹, and THOMAS KLINGER^{1,2} — ¹Max-Planck-Institute for Plasma Physics, EURATOM Association, Wendelsteinstr. 1, 17491 Greifswald, Germany — ²Institute for Physics, Ernst-Moritz-Arndt-University Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 6, 17489 Greifswald, Germany

Drift waves are among the most common instabilities in magnetized plasmas. Because their only necessary prerequisite is a density gradient, they can develop in the edge region of virtually any magnetized plasma. Due to their intrinsic radial velocity component, drift waves are suggested to play an important role in momentum transport by contributing to the Reynolds stress, thereby driving plasma velocity shear layers due to the associated momentum transport. In this contribution studies of momentum transport – especially of the radial transport of azimuthal momentum – with respect to fluctuation-driven shear layer generation are presented. The used data originates from two cylindrical systems: Experimental data of the spatiotemporal evolution of drift waves is taken from the linear plasma experiment VINETA. Numerical data has been generated with the three-dimensional two-fluid code CYTO, which is specifically tailored to meet the experimental situation.

P 11.4 Mi 16:30 Poster EG

Einfluss metastabiler Argon-Atome auf die Emission in Niederdruck-N₂-Ar-Bogenentladungen — ●DAVID ERTLE¹, ROLAND FRIEDL^{1,2} und URSEL FANTZ^{1,2} — ¹AG Experimentelle Plasmaphysik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, 85748 Garching

Die Emission des Stickstoffmoleküls im sichtbaren und ultravioletten Spektrum in Niederdruck-Bogenentladungen mit Argonanteil wird im mbar-Bereich signifikant durch die Dichte metastabiler Argonatome bestimmt. Verantwortlich hierfür ist die Anregung des zweiten positiven Systems der N₂-Molekülstrahlung durch energieübertragende Stoßprozesse mit Argon-Metastabilen. In einem erweiterten Druckbereich von 0,1 mbar bis 10 mbar wird der Einfluss metastabiler Argonatome auf die Emission in N₂-Ar-Mischplasmen mit Stickstoffanteilen von 5 Prozent bis 95 Prozent untersucht. Hierzu wird die Dichte der Argon-Metastabilen in einer zylindrischen Entladung (Innendurchmesser 26 mm) mittels Weißlicht-Absorptionsspektroskopie entlang eines axialen Sichtstrahls bestimmt. Zusätzlich werden die Elektronendichte und -temperatur als weitere Eingangsgrößen einer Stoß-Strahlungs-Modellierung mit Hilfe einer Doppelsonde gemessen. Durch eine vergleichende Diskussion gemessener und modellierter Strahlung erfolgt eine Abgrenzung der Druck- und Gasmischungsbereiche, in denen metastabile Argonatome einen relevanten Beitrag zur N₂-Emission liefern. Abschließend werden vor diesem Hintergrund Strategien zur Optimierung der UV-Strahlung erörtert.

P 11.5 Mi 16:30 Poster EG

Parameter space analysis of magnetic reconnection and applicability in laboratory devices — ●KIAN RAHBARNIA, ADRIAN VON STECHOW, HANNES BOHLIN, OLAF GRULKE, and THOMAS KLINGER — Max Planck Institute for Plasma Physics, EURATOM Association, Wendelsteinstr. 1, 17491 Greifswald, Germany

In magnetized plasmas the microscopic quick rearrangement of magnetic topologies can lead to changes of macroscopic quantities such as plasma flows and particle energies. This so-called magnetic reconnection has been observed in many astrophysical objects and its dependence on plasma parameters has been studied for several years in great detail. Especially for investigating magnetic reconnection in laboratory devices, e.g. in low-temperature or fusion plasmas, it is essential to distinguish between the different reconnection regimes (collisional/collisionless, single/multiple X-line, etc.). In this work based on common reconnection theories such as the Sweet-Parker and Petschek model, a set of dimensionless parameters are identified and their relation to plasma parameters like density, temperature, collision rates and length scales is studied. A detailed phase space analysis based on characteristic reconnection parameters provides a deeper understanding of transitions between magnetic reconnection regimes and relates laboratory plasma investigations to space plasma observations. The results will be supported by measurements in the linear low-temperature plasma device VINETA II.

P 11.6 Mi 16:30 Poster EG

Ion Dynamics in the Linear Magnetic Reconnection Experiment VINETA II — ●DAMIAN NIEMCZYK¹, OLAF GRULKE¹, PHILIPP KEMPKES^{1,2}, and THOMAS KLINGER^{1,2} — ¹Max-Planck-Institute for Plasma Physics, EURATOM Association, Greifswald — ²Ernst-Moritz-Arndt-University Greifswald

Laser induced fluorescence (LIF) provides a non-intrusive diagnostic tool to determine the ion energy distribution function, which provides key parameters such as ion drift, ion temperature, and non-thermal components of the ion species. During magnetic reconnection ion heating and ion acceleration have been observed in space plasmas e.g. solar flares, and lab experiments. The LIF diagnostic is used to systematically study the ion kinetics during driven reconnection in the VINETA II experiment. The LIF scheme used consists of a diode laser with a center wavelength of 668.61nm, a tuning range of 30pm, and CW operation power of 40mW. The LIF system has a temporal resolution on the order of 10⁻⁵ s which requires averaging over multiple reconnection events. Spatial resolution is realized by placing the laser collimator and pickup optics on a positioning system. The space-time evolution of the ion energy distribution function discriminated against different phases of the reconnection drive will be presented.

P 11.7 Mi 16:30 Poster EG

Expanding Structures in Unmagnetized Plasmas — ●TIMO SCHRÖDER¹, OLAF GRULKE¹, THOMAS KLINGER^{1,2}, ROD BOSWELL³, and CHRISTINE CHARLES³ — ¹MPI f. Plasmaphysik, EURATOM Association, Greifswald — ²E.-M.-A. U., Greifswald — ³ANU, Canberra

A double layer (DL) is a localized boundary layer between two plasma regimes of significantly different plasma potential, $\Delta\Phi > k_B T_e / e$. Stationary DLs are commonly observed due to expanding plasmas and have been under investigation for decades. However, they can also be observed as propagating structures, e.g. during a shock-like plasma expansion into a low density ambient plasma. Propagating DL structures bear two channels of particle energy redistribution. Firstly, they effect the particles by acceleration in their electric field and secondly by Fermi acceleration due to their propagation velocity. The influence of the resulting fast particles on the DL electric field and propagation is not yet fully understood. Using 1D-PIC simulation and experiment, the spatio temporal evolution of plasma potential, plasma density, and the ion energy distribution is investigated and provides evidence of the existence of a supersonic ion population.

P 11.8 Mi 16:30 Poster EG

Coupling effects in inductive discharges with RF substrate biasing — ●JULIAN SCHULZE, EDMUND SCHÜNGEL, and UWE CZARNETZKI — Ruhr-Universität Bochum

Hybrid combinations of capacitive and inductive radio frequency discharges are frequently used for plasma etching, since they allow to realize a high ion flux and a high ion energy at the substrate. The idea is that the ion flux can be controlled separately from the ion energy by tuning the power applied to the coil, while the ion energy is

controlled by the power applied to the electrode. Here, low pressure inductively coupled plasmas (ICP) operated at 27.12 MHz with capacitive substrate biasing (CCP) at 13.56 MHz are investigated by Phase Resolved Optical Emission Spectroscopy, voltage, and current measurements. Three coupling mechanisms are found potentially limiting this separate control of ion energy and flux [1]: (i) Sheath heating due to the substrate biasing affects the electron dynamics even at high ratios of ICP to CCP power. At fixed CCP power, (ii) the substrate sheath voltage and (iii) the amplitude as well as the frequency of Plasma Series Resonance (PSR) oscillations of the RF current are affected by the ICP power. [1] J. Schulze et al. (2012) Appl. Phys. Lett. 100 024102

P 11.9 Mi 16:30 Poster EG

Microwave heating with the new 14 GHz system at the stellarator TJ-K — ●MICHAEL LÖITEN, ALF KÖHN, STEFAN WOLF, and MIRKO RAMISCH — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart

The new 6 kW 14 GHz microwave heating system with a low-loss transmission line has been successfully installed at the stellarator TJ-K. The first plasmas have been created, and parametric scans have been performed with a variety of diagnostics. These includes bolometers, diagnostics for detection of EM waves in the optical range, a microwave interferometer and Langmuir probes. At the moment, further shots are made to classify the behavior of the plasma within this parameter space.

To operate at the fundamental electron cyclotron resonance frequency corresponding to 14 GHz, it was necessary to upgrade the magnetic field system at TJ-K. It is now possible to generate plasmas at background magnetic fields up to 500 mT. With oversized circular waveguides losses in the transmission line have been minimized. The oversized waveguides required the usage of numerically optimized bends, which have been designed and constructed at IPF. Details about the transmission line and the new plasma regime will be given in this presentation.

P 11.10 Mi 16:30 Poster EG

Erforschung der Anregungscharakteristik von Mikro-Entladungen in Metallgitter-Arrays — ●MARKUS BROCHHAGEN und VOLKER SCHULZ-VON DER GATHEN — Ruhr-Universität Bochum, Research Department Plasma, 44801 Bochum

Mikro-Entladungen erlangen in der letzten Zeit aufgrund ihres hohen Anwendungspotentials immer größere Aufmerksamkeit. Auf Grund des eingeschränkten diagnostischen Zugangs ist das Wissen über Zündung und Betrieb immer noch eingeschränkt. Bei den hier untersuchten Mikro-Entladungen werden Edelstahl-Gitter mit Lochgrößen von 50 μm bis 200 μm als eine der Elektroden des Arrays verwendet. Als Dielektrikum werden sowohl Eloxate als auch Polymere verwendet. Die Zündeigenschaften werden in Edelgasen bei einem Druck von 100 mbar bis 900 mbar und Anregungsfrequenzen in der Größenordnung von einigen kHz untersucht. Die angelegte Spannung kann bis 650 Vp-p variiert werden. Durch die Aufzeichnung von Strom- und Spannungskennlinien kann der Arbeitsbereich unter Parameteränderungen bestimmt werden. Ähnlich wie bei Silizium-basierten Mikroarrays wird ein 'Selbtpulsen' ähnlich dem einer homogenen, dielektrisch behinderten Entladung beobachtet. In einem Druckbereich von 300 mbar bis 600 mbar kann eine stabile Entladung über mehrere Stunden betrieben werden. Zur weiteren Untersuchung werden phasenaufgelöste, emissionspektroskopische Aufnahmen (PROES) durchgeführt. Hierbei werden reproduzierbare, zeitlich und räumlich variierende Emissionsstrukturen beobachtet.

Gefördert von der DFG im Rahmen der Forschergruppe FOR1123.

P 11.11 Mi 16:30 Poster EG

Untersuchung der Stabilität eines selbst-pulsenden Mikro-Atmosphärendruckplasmajets — DENNIS KIRCHHEIM, DANIEL SCHRÖDER und ●VOLKER SCHULZ-VON DER GATHEN — Ruhr-Universität Bochum, Research Department Plasma, 44801 Bochum

Mikroentladungen sind ein aktuelles Forschungsthema, da sie einen stabilen Plasmabetrieb insbesondere im homogenen, sogenannten 'α-mode' im Bereich des Atmosphärendrucks erlauben. Die für Entladungen in diesen Druckbereichen üblichen instabilen Übergänge in stromstärkere Betriebsweisen und damit verbundene Zerstörungen werden insbesondere bei Jet-artigen Entladungen durch den Einsatz von z.B. Helium als Trägergas im strömenden Betrieb reduziert.

Um Übergänge z.B. in den elektroden-dominierten 'γ'- oder auch 'arcing'-Modus untersuchen zu können, wurde ein selbst-pulsender 13,56 MHz-angeregter Mikrojet mit planen Elektroden entwickelt, in

dem eine kontrahierte Entladung wiederkehrend durch den Entladungskanal läuft. Mit Hilfe von Strom-Spannungscharakteristiken und Emissionsspektroskopie wurden die Bedingungen untersucht, unter denen der Übergang vom homogenen in den selbst-pulsenden Modus erfolgt. Durch Variation von Parametern wie Leistung und Gasfluss kann die Frequenz des Selbstpulsens im Bereich von einigen hundert bis zu einigen tausend Hertz variiert werden. Im pulsierenden Betrieb steigt die Rotationstemperatur auf bis zu 1000 K über die Werte im homogenen Modus an, bei mittleren Gastemperaturen von < 500 K.

Gefördert von der DFG im Rahmen der Forschergruppe FOR1123.

P 11.12 Mi 16:30 Poster EG

Untersuchung der H⁻/D⁻ - Volumenproduktion in einem Niederdruck ECR Plasma — ●UWE KURUTZ^{1,2} und URSEL FANTZ^{1,2} — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM-Assoziation, Boltzmannstr. 2, 85748 Garching — ²AG Experimentelle Plasmaphysik, Institut für Physik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg

Ionenquellen für negative Wasserstoffionen gewinnen für die Verwendung an Beschleunigersystemen zunehmend an Bedeutung. Im Bezug auf deren Anpassung an die gestellten Anforderungen ist dabei das Verständnis der in den Quellen ablaufenden Prozesse maßgeblich. Mit der Volumen- und der Oberflächenproduktion existieren in einer H⁻/D⁻-Ionenquelle grundsätzlich zwei Erzeugungskanäle, die die Vernichtung der H⁻/D⁻-Ionen bilanzieren. Während bei der reinen Oberflächenproduktion die Erzeugung meist über den Einsatz von Cäsium und den damit einhergehenden Schwierigkeiten realisiert ist, wird eine Optimierung der H⁻/D⁻ Produktion über Volumenprozesse unter anderem mittels Oberflächenunterstützung als cäsiumfreie Alternative untersucht. In einem Niederdruck ECR-Experiment (Druckbereich 0,3-3 Pa, max. Leistung 1 kW) wird hierzu durch Einbringen eines Gitters ("meshed-grid") ein Tandemkonzept realisiert. Der Einfluss auf die Dichte der negativen Ionen durch Einbringen des Gitters und dessen relatives Potential ("biased meshed-grid") wird dabei in Abhängigkeit vom Druck über ein Laserdetachment-System gemessen. Zudem werden erste Messungen zur oberflächenunterstützten Volumenproduktion durchgeführt.

P 11.13 Mi 16:30 Poster EG

Vollautomatisierte 3D orts aufgelöste Messung von Temperatur- und Emissionsprofilen an einem Atmosphärendruck Plasmajet — ●JAN-SIMON BAUDLER^{1,2}, RENÉ BUSSIAHN¹ und KLAUS-DIETER WELTMANN¹ — ¹INP Greifswald — ²Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Ein Problem bei der Diagnostik von in Kleinserie gefertigten Atmosphärendruckplasmaquellen ist die Vergleichbarkeit bezüglich der direkt messbaren Observablen. Besonders im Hinblick auf verschiedene Geometrien, die im Zuge einer Produktentwicklung erprobt werden, sind Aussagen über die Unterschiede der Emissionseigenschaften der Plasmen essenziell.

Um solche Aussagen treffen zu können, wurde ein Versuchsaufbau konzipiert, der voll automatisiert sowohl eine zeitliche (10 ms) als auch eine 3D räumliche Rasterung (100 μm) für beliebige Messinstrumente bereitstellt. Im Zuge einer ersten Version des Messaufbaus ist es möglich, sowohl optische Emissionsspektroskopie zu betreiben, als auch die Gastemperatur zu messen. Im Auswerteteil der zugehörigen Steuerungssoftware kann semi-automatisch eine Korrelation zwischen den Messwerten, der Zeit, dem Ort und beliebigen weiteren Stellgrößen (bspw. Gasparameter oder Spannungen) untersucht werden. Damit gewonnene Daten lassen sich direkt für genormte vergleichende Messungen innerhalb einer Serie oder Geräte übergreifend verwenden.

P 11.14 Mi 16:30 Poster EG

Untersuchung der Inaktivierungsmechanismen eines luftgetriebenen DC-Plasmajets — ●JANA KREDL¹, ANNA STEUER¹, AMBER M. MATTSON², JIE ZHUANG¹ und JÜRGEN F. KOLB¹ — ¹Leibnitz-Institut für Plasmaforschung und Technologie (INP Greifswald e.V.), 17489 Greifswald — ²Frank Reidy Research Center for Bioelectrics, Old Dominion University, Norfolk, VA 23508 USA

Plasmen sind teilweise oder vollständig ionisierte Gase die aus geladenen (Elektronen, Ionen, Molekülen) und neutralen (Atomen, Molekülen) Teilchen bestehen und somit elektrisch leitfähig sind. Untersuchungen ergaben, dass sich mit Plasmen relativ leicht Bakterien und Pilze abtöten lassen. Damit Plasmen jedoch in der Medizin zum Einsatz kommen können (z.B. zur Wundsterilisation oder Plaquentfernung) müssen sie kalt sein, das heißt Raumtemperatur besitzen. Solche kalten Plasmen können mit Hilfe einer Mikrohohlkathodengeome-

trie erzeugt und unter Atmosphärendruckbedingungen und mit Umgebungsluft betrieben werden. Mit diesem Aufbau kann ein Plasmajet generiert werden, der mit einer Gleichspannung von etwa 2 kV bei 30 mA und einem Gasfluss von 8 sLm arbeitet. In diesem Beitrag werden erste Untersuchungen zur Inaktivierung verschiedener Bakterienarten mit einem DC-betriebenen Plasmajet vorgestellt. Inaktivierungsmechanismen können UV-Strahlung, Radikale, Temperatur und andere Parameter sein. Daher wird zur Charakterisierung des Plasmas dessen Temperatur, seine UV-Emission sowie die Konzentrationen verschiedener Radikale im Arbeitsgas, wie Stickstoffmonoxid, Stickstoffdioxid und Ozon untersucht.

P 11.15 Mi 16:30 Poster EG
Zeitaufgelöste spektroskopische Untersuchungen zur Entladungsentwicklung sowie der Dynamik der Oberflächenladungen in Barrierentladungen in He-N₂-Gemischen — ●ROBERT TSCHERSCH, MARC BOGACZYK und HANS-ERICH WAGNER — Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt Universität, Felix-Hausdorffstr. 6, 17489 Greifswald

Abhängig von den Betriebsbedingungen der Barrierentladungen (BEen) (Gasgemisch, Form der angelegten Spannung, etc.) werden der diffuse Townsend-Mode, Glow-Mode oder die filamentierte Form der BEen beobachtet. Die Existenzbereiche dieser Modi wurden durch elektrische, spektroskopische und zeitaufgelöste Messungen der Oberflächenladungen (ihre Akkumulation, sowie ihr Abklingen) bei Variation der Mischungsverhältnisse von He und N₂ systematisch erfasst. Alle Entladungsmodi können allein durch Manipulation der Form der angelegten Spannung für die Gasgemische (einschließlich der reinen Gase) reproduzierbar erzeugt werden. Die optischen, elektrischen und Ladungs-Messungen zeigen eine widerspruchsfreie Korrelation und erlauben insgesamt ein besseres Verständnis der komplexen Erscheinungen.

Gefördert von der DFG im Rahmen des SFB TRR-24, Teilprojekt B11.

P 11.16 Mi 16:30 Poster EG
Electron spectroscopic analysis of the plasma-induced changes in lipid composition — ●MARCEL MARSCHEWSKI¹, JOANNA HIRSCHBERG², OLIVER HÖFFT³, STEFFEN EMMERT⁴, WOLFGANG VIÖL², and WOLFGANG MAUS-FRIEDRICHS¹ — ¹Institut für Energieforschung und Physikalische Technologien, Technische Universität Clausthal, Germany — ²Fakultät Naturwissenschaft und Technik Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst Hildesheim/Holzwinden/Göttingen, Germany — ³Institut für Mechanische Verfahrenstechnik, Technische Universität Clausthal, Germany — ⁴Department of Dermatology, Venerology, and Allergology, University Medical Center Göttingen, Germany

Cold plasma treatment on e.g. skin diseases causes an abatement of diseases by the assured disinfected effect of plasma [1]. Here, we present our results on the basic investigation of human skin, studied with X-ray photoelectron spectroscopy [2]. Furthermore we have investigated

the change in plasma treated skin samples to understand the basic effects of plasma treatment of biological systems. In addition to that we show a comparison between human and mouse skin probes after plasma treatment, which is of particular medical interest. [1] Morfill G E et al., 2009 Nosocomial infections - a new approach towards preventive medicine using plasmas New Journal of Physics 11, 115019 [2] Marcel Marschewski et al., "Electron spectroscopic analysis of the human lipid skin barrier: Cold atmospheric plasma-induced changes in lipid composition", Experimental Dermatology - EXD-12043, 2012

P 11.17 Mi 16:30 Poster EG
Fluctuations in the Current Sheet of the VINETA II Magnetic Reconnection Experiment — ●ADRIAN VON STECHOW¹, OLAF GRULKE¹, and THOMAS KLINGER^{1,2} — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Greifswald — ²Ernst Moritz Arndt-Universität Greifswald

VINETA II is a cylindrical experiment for the study of driven magnetic reconnection in a well-controllable laboratory environment. Its features include an axial guide field which enables gyrokinetic simulations of the entire experiment. The rf plasma source allows for variation of the plasma density over three orders of magnitude ($n_e = 10^{16} - 10^{19} \text{ m}^{-3}$, $T_e = 6 \text{ eV}$), thereby enabling the transition from collisionality dominated to a collisionless reconnection regime. In the modular cylindrical vessel, two parallel axial wires ($I = 1 \text{ kA}$) create a figure-eight in-plane magnetic field with an X-line along the central axis. Along this line, a narrow current sheet is supplied by a plasma gun and driven by an axial inductive field. Investigation of the physics in this region is central to the understanding of reconnection, since its microscopic electromagnetic dynamics determines the rate at which reconnection proceeds. In this contribution, the current sheet topology and its high-frequency fluctuations in the VINETA II experiment as measured by arrangements of magnetic and Langmuir probes are presented.

P 11.18 Mi 16:30 Poster EG
Attachment cross sections of C₄F₈O estimated from swarm measurements in Ar, N₂ or CO₂ buffer gas — ●DOMINIK A DAHL and CHRISTIAN M FRANCK — High Voltage Laboratory, ETH Zurich, Schweiz

Recently C₄F₈O became commercially available as a cleaning agent for plasma deposition chambers. C₄F₈O could also be considered for high voltage insulation applications. It seems that electron interactions with C₄F₈O have not been investigated yet.

Using the pulsed Townsend method we measured the electron swarm parameters of highly diluted ($\leq 1.2\%$) C₄F₈O in the buffer gases Ar, N₂ or CO₂. We will show the results of a linear response analysis of our swarm data. The attachment cross sections of C₄F₈O have been estimated on the basis of qualitative and comparative evaluations of the response data. Using numerical methods we determined the corresponding attachment rates, and we compare the numerical results to our experimental data.

P 12: Plasmadiagnostik II

Zeit: Donnerstag 11:15–13:00

Raum: HS 2

P 12.1 Do 11:15 HS 2
CO₂ dissociation mechanisms in atmospheric pressure dielectric barrier discharges — ●F. BREHMER^{1,2}, S. WELZEL¹, S. PONDURI¹, M.C.M. VAN DE SANDEN^{1,3}, and R. ENGELN¹ — ¹Eindhoven University of Technology, P.O. Box 513, 5600 MB Eindhoven, The Netherlands — ²AFS GmbH, Von-Holzappel-Straße 10, 86497 Horgau, Germany — ³Dutch Institute for Fundamental Energy Research (DIFFER), P.O. Box 1207, 3430 BE Nieuwegein, The Netherlands

In any scenario for storing renewable energy in value-added hydrocarbons produced from CO₂, the dissociation into CO is known as the process limiting step. To surpass the drawbacks observed for conventional production routes, non-equilibrium plasma processing is considered as an alternative approach. We report on an atmospheric pressure plasma process for the dissociation of CO₂ using a dielectric barrier discharge, which was specifically designed in parallel plate configuration to facilitate optical diagnostics.

A careful electrical characterization was carried out to specify the

energy efficiency of the flow-tube. The dissociation of CO₂ to CO and by-products was studied using infrared absorption spectroscopy (ex-situ and in-situ). The conversion efficiency of the order of a few percent turned out to be mainly determined by electron impact excitation and ionization. These reaction channels were concluded from complementary time resolved emission spectroscopy and Thomson scattering experiments.

P 12.2 Do 11:30 HS 2
In-situ monitoring of active screen plasma nitriding processes using infrared absorption and optical emission spectroscopy — ●STEPHAN HAMANN¹, KRISTIAN BÖRNER², IGOR BURLACOV², HEINZ-JOACHIM SPIES², HORST BIERMANN², and JÜRGEN RÖPCKE¹ — ¹INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald, Germany — ²TU Bergakademie Freiberg, Gustav-Zeuner-Str. 5, 09599 Freiberg, Germany

The active screen plasma nitriding (ASPN) is an advanced technology for the plasma nitriding of steel components. The advantage of this technique is a homogeneous temperature distribution within the

workload since the plasma is moved from the treated work piece to the active screen. This technique provides very high potential for industrial applications, but however the treatment processes and plasma chemical phenomena are not completely understood.

This study presents the results of a spectroscopic study of a N₂-H₂ containing pulsed DC plasma in a large scale reactor with an inner volume of about 1 m³. Using OES the trends of atomic hydrogen and atomic and molecular nitrogen were qualitatively monitored. The concentrations of the precursors, CH₄ and CO₂, of NH₃, of the hydrocarbon byproducts (C₂H₂, C₂H₄, CO) and of the CH₃ radical could be measured by the use of TDLAS. The concentrations of the monitored species were found to be in the range of 10¹² to 10¹⁵ molecules cm⁻³. The used spectroscopic methods allowed the determination of the gas temperature in the plasma which was found to be at 800 K.

P 12.3 Do 11:45 HS 2

Optisch gefangene Mikropartikel im Plasma — ●VIKTOR SCHNEIDER und HOLGER KERSTEN — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, D-24098 Kiel

Unterschiedliche Kräfte, wie die elektrische Feldkraft oder die Ionenwindkraft, wirken auf geladene Partikel im Plasma. Es liegt daher auf der Hand, Mikropartikel als Sonden zur Plasmadiagnostik zu verwenden. Um beispielsweise die Abläufe und die damit verbundenen Einflüsse auf Oberflächen in einem Plasmaprozess besser verstehen und kontrollieren zu können, ist es wichtig, Plasmaparameter und ihren Einfluss untersuchen zu können. Die Wechselwirkung von Partikeln ist von entscheidender Bedeutung für das Verständnis von grundlegenden Effekten auf dem Gebiet der komplexen Plasmen. Allerdings sind die experimentellen Untersuchungen unter regulären Bedingungen auf die Randschichtregion des Plasmas begrenzt, in der die Mikropartikel aufgrund eines Kräftegleichgewichtes eingefangen werden. Eine Änderung der Teilchenposition ist nur mit erheblichem Aufwand verbunden.

In diesem Beitrag stellen wir den Fortschritt in der Entwicklung eines optischen Systems zur Partikelmanipulation als eine Methode zur Plasmadiagnostik vor. Wir demonstrieren die grundlegenden Prinzipien sowie erste experimentelle Ergebnisse zum optischen Einfang von Mikropartikeln im Plasma.

P 12.4 Do 12:00 HS 2

Absorptionsspektroskopie an Mikroplasma — ●SANDRA SCHRÖTER¹, THOMAS KUSCHEL¹, RAMASAMY POTHIRAJA², NIKITA BIBINOV², PETER AWAKOWICZ², MARC BÖKE¹ und JÖRG WINTER¹ — ¹Ruhr-Universität Bochum, EP II, 44801 Bochum — ²Ruhr-Universität Bochum, AEPT, 44801 Bochum

Metastabile Spezies werden meist durch Elektronenstoßprozesse aus dem Grundzustand von Atomen oder Molekülen angeregt. Ihre Lebensdauer wird hauptsächlich durch Stöße mit anderen Plasmabestandteilen begrenzt. Metastabile dienen somit als ein effektiver Speicher von Energie, die mit ihnen über verhältnismäßig weite Strecken transportiert werden kann. Daher ist es von großem Interesse, ihre räumlichen Verteilungen und zeitlichen Entwicklungen zu untersuchen. Gemessen wurden Absorptionsprofile in Argon mit durchstimmbaren Laserdioden. Angeregt wurde der Übergang vom 1s₅- auf das höhere 2s₉-Niveau durch die Absorption schmalbandiger Laserstrahlung. Untersucht wurden Verteilungen von Argon-Metastabilen in zwei Arten von Mikroplasma, einmal in einer planparallelen Geometrie bei Niederdruck (DC) und an einem zu Beschichtungsprozessen dienenden filamentierten Jet bei Atmosphärendruck (gepulst) mit Beimischungen von Stickstoff und Methan. Es wurden orts- und zeitaufgelöste Metastabilendichten ermittelt sowie Gastemperaturen bestimmt. Zudem wurde untersucht, wie die Variation verschiedener Plasmapara-

meter (Entladungsstrom, Gasdruck und -fluss, Gasgemisch) sich auf den Verlauf der Absorptionsprofile auswirken.

Gefördert durch die DFG im Rahmen von FOR1123

P 12.5 Do 12:15 HS 2

Determination of electron density and temperature by an OES line-ratio technique in argon and argon-hydrogen discharges — ●SARAH SIEPA¹, STEPHAN DANKO², TSANKO V. TSANKOV¹, and UWE CZARNETZKI¹ — ¹Institute for Atomic and Plasma Physics, Ruhr-University Bochum, Germany — ²Dep. for Coating Technologies and Surface Engineering, Robert Bosch GmbH, Robert-Bosch-Platz 1, D-70839 Gerlingen-Schillerhöhe, Germany

Line-ratio techniques are widely used in Optical Emission Spectroscopy (OES) to determine plasma parameters such as electron density and temperature. The technique commonly uses the intensity of lines emitted from the 4p (2p in Paschen's notation) levels of the argon atom. Due to differences in the excitation dynamics of the different 4p levels – excitation from the ground state vs excitation from a 4s state and radiation trapping – the ratio of the intensities is sensitive to the electron density and temperature. To extract these parameters from the measured line intensities, collisional-radiative models are usually developed.

This work presents results for pure argon CCP discharges in a wide pressure range as well as investigations of argon-hydrogen discharges, where the applicability of a line-ratio technique is limited due to strong quenching of the argon 4s levels. However, by using the results of pure argon, "absolutely" calibrated lines can be used to determine the parameters. Limitations of the used collisional-radiative model are discussed.

P 12.6 Do 12:30 HS 2

Possibilities of applying the interferometric hook method for absolute species density measurements at atmospheric pressure — ●TORSTEN GERLING, RENÉ BUSSIAHN, CHRISTIAN WILKE, and KLAUS-DIETER WELTMANN — INP Greifswald

Measurements of absolute densities in atmospheric pressure plasmas still proves to be a difficult challenge. Therefore, the hook method is applied to test the chances of measuring these absolute values. The interferometric hook method uses the effect of anomalous dispersion within a medium near an absorbing line. A laser beam passes an interferometer and is afterwards spectrally resolved by a grating and recorded by a camera. The resulting interferogram shows the dispersion over the wavelength. If an absorbing transition is within the observed range, anomalous dispersion appears and the so called "hooks" appear. The distance of the hooks depends on the density of the lower state of the transition, the oscillator strength and the length of absorption. First tests for the hydroxyl radical density in a flame driven with natural gas and molecular oxygen showed absolute values of 10¹⁵ to 10¹⁶ cm⁻³.

P 12.7 Do 12:45 HS 2

Non-invasive, electron beam based profile measurement of strongly focused, intense heavy ion beams — ●SAID EL MOUSATI — TU Darmstadt, Darmstadt, Deutschland

Due to determine the transverse intensity distribution of strongly focused, high intensity heavy ion beams, an electron beam diagnostic device is presently under development at the HHT experimental area at GSI Darmstadt. This method is based on the deflection of the electrons after passing through the electric field of the ion beam. The results of an offline-experiment and the proposed experimental setup will be presented in this talk.

P 13: Theorie und Modellierung von Niedertemperaturplasmen I

Zeit: Donnerstag 11:15–13:00

Raum: HS 3

Hauptvortrag

P 13.1 Do 11:15 HS 3

Microphysics of charge transfer across the plasma wall — ●FRANZ XAVER BRONOLD, RAFAEL L. HEINISCH, JOHANNES MARBACH, and HOLGER FEHSKE — Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, 17489 Greifswald, Deutschland

Plasma walls connect a discharge to the external circuitry and/or confine it in space. The walls act in both functionalities as charge reservoirs

which donate and accept electrons to and fro the plasma. In the talk I will give an overview of our attempt to describe the charge transfer across the wall from a microscopic surface physics point of view. I will discuss electron deposition in terms of electron physisorption and introduce the concept of an electron-surface-layer as that part of the plasma sheath which leaks into the wall. Based on these ideas we calculated electron sticking coefficients and desorption times and determined the charge and potential distribution across the plasma-wall interface. I

will also discuss electron extraction from the wall via recombination of positive ions and de-excitation of metastable species. In particular, I will show that a pseudo-particle description of the electronic states of the projectile within an Anderson-Newns-type model provides the basis of a flexible quantum-kinetic approach for the calculation of wall recombination and secondary electron emission coefficients. At the end I will argue that tracking electrons across the wall, that is, including the electronic degrees of freedom of the wall into the kinetic modeling of the discharge, may help to identify new vistas for dielectric barrier microdischarges. Supported by DFG through CRC/Transregio TRR24.

Hauptvortrag P 13.2 Do 11:45 HS 3
Modellierung eines rf-angeregten Plasmajets — ●FLORIAN SINGER, JAN SCHÄFER, RÜDIGER FOEST, DETLEF LOFFHAGEN und KLAUS-DIETER WELTMANN — INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald

Plasmajets haben ein besonderes Interesse erfahren, da sie unter Atmosphärendruck arbeiten und sich sowohl für lokale Oberflächenbehandlungen als auch für biologische und medizinische Anwendungen eignen. Die Untersuchungen beziehen sich auf einen Jet, der aus zwei koaxial angeordneten Kapillaren besteht, durch die Argon bzw. ein Argon-Präkursor-Gemisch strömt. Eine RF-Spannung wird mit Hilfe zylindrischer Elektroden eingespeist. Je nach Entladungsparametern treten verschiedene Entladungsmodi auf. Der sogenannte "locked mode", bei dem einzelne Filamente determiniert rotieren, ist besonders interessant und für die Schichtabscheidung sehr vorteilhaft.

Es werden zwei sich ergänzende Modellzugänge vorgestellt. In einem Fluidmodell des Einzelfilaments wird dessen zweidimensionale Struktur einschließlich der Schichten vor der dielektrischen Wand bei Vernachlässigung der Gasströmung untersucht. In einem umfassenderen Modell wird die Erzeugung aktiver Teilchen im primären Plasmavolumen und ihr Transport in den Effluenten und zum Target beschrieben. Ein vereinfachtes reaktionskinetisches Modell der Präkursor-Moleküle liefert Radialprofile von Teilchenflüssen auf das Target, die als Maß für das Schichtwachstum qualitativ mit entsprechenden Messungen übereinstimmen. Diese Arbeit wurde durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft im Rahmen des SFB TRR 24 unterstützt.

P 13.3 Do 12:15 HS 3
Ionization by bulk heating of electrons in capacitive radio frequency atmospheric pressure microplasmas — ●JULIAN SCHULZE¹, TORBEN HEMKE¹, DENIS EREMIN¹, THOMAS MUSSENBRÖCK¹, ARANKA DERZSI², ZOLTAN DONKO², KRISTIAN DITTMANN³, and JÜRGEN MEICHSNER³ — ¹Ruhr-University Bochum — ²Hungarian Academy of Sciences — ³University of Greifswald

Electron heating and ionization dynamics in capacitively coupled radio frequency (RF) atmospheric pressure microplasmas operated in helium are investigated by particle-in-cell simulations and semi-analytical modeling [1]. A strong heating of electrons and ionization in the plasma bulk due to high bulk electric fields are observed at distinct times within the RF period. Based on the model the electric field is identified to be a drift field caused by a low electrical conductivity due to the high electron-neutral collision frequency at atmospheric pressure. Thus, the ionization is mainly caused by ohmic heating in this Ω -mode. The phase of strongest bulk electric field and ionization is affected by the driving voltage amplitude, which determines the resistivity of the

discharge via its effect on the plasma density. Significant analogies to electronegative low-pressure macroscopic discharges operated in the drift-ambipolar mode are found, where similar mechanisms induced by a high electronegativity instead of a high collision frequency have been identified [2]. [1] T. Hemke et al. (2013) Plasma Sourc. Sci. Technol. accepted [2] J. Schulze et al. (2011) Phys. Rev. Lett. 107 275001

P 13.4 Do 12:30 HS 3
Gyrokinetische Beschreibung magnetisierter technischer Plasmen — ●RALF PETER BRINKMANN, SARA GALLIAN, BENJAMIN SCHRÖDER und DENIS EREMIN — Theoretische Elektrotechnik, Ruhr-Universität Bochum

Plasmaprozesse wie DC-Magnetronspütern und HiPIMS verwenden dichte, magnetisierte Plasmen bei niedrigem Druck, bei denen (im aktiven Bereich) die Debye-Länge und der Larmorradius sehr viel kleiner sind als die mittlere freie Weglänge und die Reaktordimension. Solche Plasmen sind schwer zu analysieren; die üblichen Fluidmodelle sind nicht anwendbar und kinetische Simulationen auf Basis der Particle-in-Cell-Methode sind aufwendig. Dieser Beitrag untersucht eine alternative kinetische Beschreibung, die Gyrokinetik. Sie entstammt der Hochtemperaturplasmaphysik [1,2] und basiert auf der Annahme, dass die schnelle Gyrobewegung der geladenen Teilchen mathematisch "ausintegriert" und eine effektive Theorie für die langsame Driftbewegung formuliert werden kann. Hier wird untersucht, inwieweit die Besonderheiten technischen Plasmen (andere Feldtopologie, Magnetisierung nur der Elektronen, Anwesenheit von Neutralgas und materiellen Wänden) die Beschreibung beeinflusst.

Förderung: Deutsche Forschungsgemeinschaft DFG (SFB TR 87).
 [1] P.H. Rutherford and E.A. Frieman, Phys. Fluids 11, 569, 1968.
 [2] A.J. Brizard and T.S. Hahm, Rev. Mod. Phys. 79, 4153, 2006.

P 13.5 Do 12:45 HS 3
Benchmark-Simulationen für Niedertemperaturplasmen — MILES M. TURNER¹, ARANKA DERZSI², ZOLTAN DONKO², DENIS EREMIN³, SEAN J. KELLY¹, TREVOR A. LAFLEUR⁴ und ●THOMAS MUSSENBRÖCK³ — ¹Dublin City University, Dublin, Rep. Ireland — ²Wigner Research Centre for Physics, Budapest, Ungarn — ³Ruhr-Universität Bochum, Bochum, Deutschland — ⁴Ecole Polytechnique, Palaiseau, Frankreich

"Benchmarking" ist ein wichtiges Element, um die Korrektheit von Computersimulationen zu zeigen und relevante Fehler abschätzen zu können. Ist ein Simulationsprogramm "gebenchmarkt", so ist es möglich, andere Simulationsprogramme im Hinblick auf ihre Korrektheit, Genauigkeit und Effizienz zu bewerten. In diesem Beitrag werden vier verschiedene Simulationsfälle mit definierten Simulationsparametern sowie definierten Rand- und Anfangsbedingungen für kapazitive Hochfrequenzentladungen vorgestellt. Die Simulationen basieren dabei auf fünf unabhängig voneinander entwickelten Particle-In-Cell-Codes. Mittels eines χ^2 -Hypothesentests wird gezeigt, dass die erzielten numerischen Ergebnisse im Rahmen definierter Grenzen statistisch ununterscheidbar sind und somit sehr verlässliche Benchmark-Ergebnisse repräsentieren. Die erzielten Ergebnisse können nun als Basis für Tests der Genauigkeit und der Effizienz anderer (kinetische oder fluidynamischer) Simulationscodes herangezogen werden. (Die Arbeit wird u.a. gefördert durch die DFG im Rahmen des Sonderforschungsbereichs TRR87.)

P 14: Poster: Komplexe und Staubige Plasmen

Zeit: Donnerstag 14:00–16:00

Raum: Poster EG

P 14.1 Do 14:00 Poster EG
Phasenaufgelöste optische Emissionsspektroskopie in staubdominierten RF-Plasmen — ●CARSTEN KILLER und ANDRÉ MELZER — Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, 17489 Greifswald

Mittels thermophoretischer Levitation können mikrometergroße Staubpartikel fast im gesamten Plasmavolumen einer kapazitiv gekoppelten Argon-RF-Entladung eingefangen werden. Dabei wird das Plasma durch die Anwesenheit der sich stark negativ aufladenden Staubteilchen beeinflusst. Ein wichtiger Effekt ist die Elektronenverarmung im Plasma, welche auch bei staubfreien Plasmen in stark elektronegativen Gasen (z.B. CF₄) auftritt und dort zu neuartigen Heiz-Moden (Drift-Ambipolar-Mode) führen kann. Mittels phasenaufgelöster opti-

scher Emissionsspektroskopie können die Auswirkungen des Staubs auf die Lichtemission des Plasmas untersucht werden. Die Phasenauflösung kann sich dabei auf die typische RF-Periode (ca. 74 ns) oder dynamische Phänomene des Staubs (z.B. Staubbichtwellen) beziehen. Erste Messungen zeigen einen starken Einfluss des Staubs auf die Plasmaemission, der weit über aus 2D-Staubsystemen bekannte Effekte hinausgeht.

P 14.2 Do 14:00 Poster EG
Imaging-Mie-Elipsometrie — ●NILS KÖHLER¹, FRANKO GREINER¹, JAN CARSTENSEN¹, IRIS PILCH² und ALEXANDER PIEL¹ — ¹Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 24098 Kiel, Germany — ²Plasma & Coatings Physics Division, IFM-

Materials Physics, Linköping University, SE-581 83 Linköping, Sweden
 Zur Untersuchung staubiger Plasmen aus Nanoteilchen wird häufig die von Gustav Mie entwickelte Theorie zur Streuung von Licht verwandt. Die daraus entwickelte Mie Ellipsometrie erlaubt die störungsfreie Bestimmung von Größe und Brechungsindex der Staubwolke in-situ und mit hoher zeitlicher Auflösung. Dabei wurde bisher das unter einem definierten Winkel gestreute Licht eines Laser mit einem Polarimeter analysiert. Dabei ist die gewonnene Information nur die eines Punktes in der ganzen Wolke. Wir haben diese Technik in der Imaging Mie Ellipsometrie (I-Mie) weiterentwickelt. Durch die Verwendung von Kameras und einem Streifenlaser ist es nun möglich 2 dimensionale Profile der Wolke zu erhalten. Hierfür finden sich zahlreiche Anwendungen insbesondere in dynamischen Systemen oder solchen mit unterschiedlichen Partikelpopulationen, z.B. Wachstums- oder Strömungsprozessen.

Diese Arbeit wurde gefördert durch den SFB-TR24 im Projekt A2.

P 14.3 Do 14:00 Poster EG

Scheranregung in finiten 3D Yukawa-Clustern — ●MATTHIAS MULSOW, ANDRÉ SCHELLA und ANDRÉ MELZER — Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, 17487 Greifswald Greifswald

Mikrometergroße Partikel können in Niedertemperaturplasmen geordnete Strukturen ausbilden. Innerhalb eines dreidimensionalen Einfangpotentials entstehen stark gekoppelte, finite Systeme, die sogenannten Yukawa-Cluster. Diese weisen kristalline und fluide Eigenschaften auf, für deren Verständnis eine genaue Untersuchung des viskoelastischen Verhaltens unabdingbar ist.

Das Poster befasst sich mit der gezielten Manipulation von Yukawa-Clustern durch Laserfelder und elektrische Felder. Ziel ist es Rotationen, Torsionen und Translationen zu erzeugen, um daran Verscherung und andere elastische Eigenschaften zu untersuchen. Insbesondere die Messung von Beschleunigungs- und Bremsvorgängen könnte einen neuen Zugang zum Verständnis der viskosen Eigenschaften von dreidimensionalen Clustern bieten.

P 14.4 Do 14:00 Poster EG

Control of distribution and transport of μm -sized dust particles in a CCRF discharge via the Electrical Asymmetry Effect — ●SHINYA IWASHITA¹, EDMUND SCHÜNGEL¹, JULIAN SCHULZE¹, PETER HARTMANN², ZOLTÁN DONKÓ², GIICHIRO UCHIDA³, KAZUNORI KOGA³, MASAHARU SHIRATANI³, and UWE CZARNETZKI¹ — ¹Institute for Plasma and Atomic Physics, Ruhr University Bochum, Germany — ²Institute for Solid State Physics and Optics, Wigner Research Centre for Physics, Hungarian Academy of Sciences, Hungary — ³Department of Electronics, Kyushu University, Japan

We have developed a novel method to control the transport of dust particles in capacitively coupled plasmas via the Electrical Asymmetry Effect (EAE). We report the experimental results of this method using SiO₂ particles of 1.5 μm in size, which are inserted into an argon discharge operated at low pressures. Initially dust particles tend to be confined at the sheath edge near the bottom electrode, and the change of their equilibrium position due to the continuous (adiabatic) phase shift can be well understood by the electric field profile obtained from a simple analytical model. By applying the abrupt change of phase angle from 90° to 0° dust particles are transported between both sheaths through the plasma bulk and a part of them can even be trapped around the edge of the opposing (upper) sheath. The mechanisms of the dust particle transport realized experimentally are revealed by a Particle-in-Cell simulation and a model.

P 14.5 Do 14:00 Poster EG

Partikelketten in staubigen Plasmen mit Ionenströmung — ●ALEXANDER PIEL — Christian-Albrechts-Universität, Kiel

Die Coulombstreuung von positiven Ionen an negativ geladenen Mikropartikeln führt zur Ladungsanhäufung im Windschatten des Partikels und wird als Ursache für die netto anziehenden Kräfte zwischen gleich geladenen Partikeln verstanden, die zur Bildung von Partikelketten führt. Diese Vorstellung ist für Ionenströmungen mit mehr als Bohm-Geschwindigkeit durch Experimente, Simulationen und analytische Modelle gut gesichert. Experimente bei kleinen Ionengeschwindigkeiten [1] zeigen ebenfalls Kettenbildung während Simulationen [2,3] ein Verschwinden der Anziehungskraft vorhersagen. Der aktuelle Stand dieses ungelösten Problems wird vorgestellt und mögliche Lösungsansätze werden diskutiert.

[1] O. Arp, J. Goree, A. Piel, Phys. Rev. E 85, 046409 (2012) [2] A.

Piel, Phys. Plasmas 18, 073704 (2011) [3] I. H. Hutchinson, Phys. Rev. E 85, 066409 (2012)

P 14.6 Do 14:00 Poster EG

Mie Scattering by a Charged Dielectric Particle – Proposal of a Novel Plasma Probe — RAFAEL LESLIE HEINISCH, ●FRANZ XAVER BRONOLD, and HOLGER FEHSKE — Institut für Physik, Universität Greifswald

We study the scattering of light by a negatively charged dielectric particle. Surplus electrons affect the polarisability of the particle by their phonon-limited conductivity, either in a surface layer (negative electron affinity) or the conduction band (positive electron affinity). For particles allowing for anomalous light scattering, for instance MgO, LiF or Al₂O₃, we show that surplus electrons shift an extinction resonance in the infrared. While Mie scattering is routinely used as a particle size diagnostic, the particle charge has not yet been determined from the Mie signal. For dusty plasmas an optical measurement of it would be very attractive because established methods for measuring the particle charge require the plasma parameters that are not precisely known whereas Mie scattering does not. Moreover particles showing the effect could be used as minimally invasive electric probes. Determining their charge from Mie scattering and the forces acting on them by conventional means would provide a way to extract the plasma parameters locally.

P 14.7 Do 14:00 Poster EG

Staubaufladung und Abschirmung in der Randschicht eines stark magnetisierten Plasmas — ●BENJAMIN TADSEN, HENDRIK JUNG, SEBASTIAN GROTH, JAN CARSTENSEN, FRANKO GREINER und ALEXANDER PIEL — IEAP, Christian-Albrechts-Universität, Kiel, D-24098 Germany

Die Aufladung von Partikeln in der Plasmarandschicht in Gegenwart starker Magnetfelder ($B \approx 1$ T) ist weitgehend verstanden und erfordert neue diagnostische Methoden. In diesem Beitrag liegt der Fokus auf rotierenden Zwei-Partikel-Clustern in einer 2D-harmonischen Falle senkrecht zum Magnetfeld. Durch das Variieren der Zentrifugalkräfte mittels einer rotierenden Elektrode und der damit einhergehenden Änderung des Interpartikelabstandes können Rückschlüsse auf die Partikelladung und Abschirmung im Magnetfeld gezogen werden. Es zeigt sich, dass die Partikelladung in unserem Experiment gegenüber dem unmagnetisiertem Fall ansteigt und die Abschirmung schwächer wird. Weiterhin analysieren wir die Center-of-Mass Mode, um die Annahme eines harmonischen Einschusses im Magnetfeld abzusichern. Für weitergehende Untersuchungen werden wir uns auf eine Bestimmung der Plasmaparameter konzentrieren, um zu klären, ob die beobachteten Effekte auf eine Änderung der Plasmaparameter oder die Magnetisierung zurückzuführen sind.

Diese Arbeit wurde gefördert durch den SFB-TR24 im Projekt A2

P 14.8 Do 14:00 Poster EG

Phase Transitions in Spherical Dust Clusters: Analysis of Two- and Three-Particle Correlations — ●HAUKE THOMSEN, PATRICK LUDWIG, and MICHAEL BONITZ — ITAP, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, D-24098 Kiel

In recent years the phase transition-like crossover from a crystal to a liquid-like state has attracted high interest in particular in spherically confined dusty plasmas, e.g. [1]. While the radial melting is now well understood, here we concentrate on the loss of intra-shell order. In order to extract the relevant information from the many particle densities $\rho_2(\vec{r}_1, \vec{r}_2)$ and $\rho_3(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \vec{r}_3)$, we introduce generalized coordinates according to the system's symmetry. By suitable integration over the invariant coordinates, we obtain the Center-Two-Particle (C2P) and Triple-Correlation-Function (TCF).

The C2P function $g_2(r_I, r_{II}, \vartheta)$ depends on the radial coordinates of two particles and the angle between those with respect to the trap center [2]. It resolves both, intra-shell and inter-shell correlations. The TCF $h_3(b_I, b_{II}, \varphi)$, as a three-particle quantity depends on two pair distances and the angle between the two pair connections.

The analysis of angular correlations in the outer shell of Coulomb clusters reveals a striking similarity with the properties of extended two dimensional systems including indications for Kosterlitz-Thouless behavior, e.g. [3].

[1] J. Böning et al., Phys. Rev. Lett. **100**, 113401 (2008)

[2] P. Ludwig et al., Plasma Phys. Control. Fusion **52**, 124013 (2010)

[3] P. Ludwig et al., Contrib. Plasma Phys. **47**, 335 (2007)

P 14.9 Do 14:00 Poster EG

Heat Transport in Confined 2D Dust Clusters — GIEDRIUS KUDELIS¹, •HAUKE THOMSEN², and MICHAEL BONITZ² — ¹University of Birmingham, United Kingdom — ²ITAP, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, D-24098 Kiel

Dusty plasmas are an excellent laboratory for studying many body physics [1]. Selective control over the kinetic temperature of the dust particle is required in order to investigate phenomena such as melting and heat transport. This control is achieved, e.g. by acceleration of single dust grains by the radiation pressure of moving laser spots [2]. We can simulate these experiments by means of Langevin Molecular Dynamics [3].

If the power input is confined to the central region, one can investigate the heat transport through the dust cluster which is recently of high intent [4]. Here, we present theoretical results. The radial temperature profiles from simulations with different heating powers are fit by modified Bessel functions as solution of the heat transport equation including losses to the neutral gas. The thermal conductivity k determined from the fit is found to be proportional to the particle density but independent of the power input. Surprisingly, the thermal conductivity appears to be unaffected by the cluster's transition from a solid-like to a liquid-like state.

- [1] M. Bonitz et al., Rep. Prog. Phys. **73**, 066501 (2010)
- [2] J. Schablinski et al., Phys. Plasmas **19**, 013705 (2012)
- [3] H. Thomsen et al., Phys. Plasmas **19**, 023701 (2012)
- [4] Y. Feng et al., Phys. Rev. E **86**, 056403 (2012)

P 14.10 Do 14:00 Poster EG

Strömungsvorgänge in magnetisierten komplexen Plasmen — •JOCHEN WILMS, TORBEN REICHSTEIN und ALEXANDER PIEL — IEAP, CAU Kiel

In magnetisierten anodischen Plasmen ist es möglich torusförmige Staubwolken einzufangen, die eine komplexe Dynamik aufweisen. Angetrieben von der Hallkomponente des Ionenwindes strömt der Staub entlang einer Kreisbahn um einen staubfreien Bereich (Void) [1]. Hierbei sind insbesondere die Untersuchung des Einschlusspotentials und die Betrachtung der Partikelbewegungen von großem Interesse. Basierend auf experimentellen Untersuchungen in der Plasmakammer MATILDA II wurde ein hierarchisches Vielteilchenmodell entwickelt, das - in Molekulardynamik-Simulationen (MD) implementiert - eine gute Beschreibung der bisherigen Beobachtungen ermöglicht. Darüber hinaus wurden in diesen 3D-Simulationen Effekte entdeckt, die im Realexperiment noch nicht beobachtet wurden, wie beispielsweise die Ausbildung einer Schalenstruktur, eines stationären Wirbels, von Kelvin-Helmholtz Instabilitäten oder auch das spontane Auftreten eines Schocks [2,3]. Dieser Beitrag präsentiert erste Ergebnisse der experimentellen Untersuchungen der vorhergesagten Effekte.

- Gefördert durch SFB-TR24/A2.
- [1] I. Pilch et al., Phys. Plasmas **15**, 103706 (2008)
 - [2] T. Reichstein et al., Phys. Plasmas **18**, 083705 (2011)
 - [3] T. Reichstein et al., Contrib. Plasma Phys. **52**, 813-818 (2012)

P 14.11 Do 14:00 Poster EG

Räumliche Frequenzverteilung von Staubbichtewellen unter Schwerelosigkeit — •TIM BOCKWOLDT, KRISTOFFER OLE MENZEL und ALEXANDER PIEL — IEAP, CAU Kiel, D-24098

Staubbichtewellen (DDWs) entstehen in komplexen Plasmen bei ausreichend hoher Staubbichte und niedrigem Neutralgasdruck. In einer Parallelplatten-Hochfrequenzentladung sedimentiert die Staubwolke unter Einfluss der Gravitation in die untere Randschicht des Plasmas, sodass ein ausgedehntes, dreidimensionales Wellenfeld erst durch Kompensation des Einflusses erzeugt werden kann. Solche Systeme sind

am besten unter Schwerelosigkeit zu beobachten, zum Beispiel auf Parabelflügen. Experimente unter diesen Bedingungen zeigten die Bildung von Frequenzclustern in Staubbichtewellen. Dies sind Bereiche innerhalb derer die Frequenz der DDWs annähernd räumlich konstant ist, zum angrenzenden Bereich aber einen Frequenzsprung aufweisen [1]. Die Frequenzen benachbarter Cluster können nicht durch kleine ganzzahlige Verhältnisse beschrieben werden - die Frequenzen sind *inkommensurabel* zueinander. Im Gegensatz dazu zeigen neuere Experimente, dass bei Änderung der Entladungsparameter andere räumliche Frequenzverteilungen auftreten können. Dabei treten kommensurable Frequenzen auf, die sich auch in der Dynamik des Plasmaleuchtens widerspiegeln. Die Modulationen des Plasmas sind optisch und in den elektrischen Größen messbar. In diesem Beitrag sollen die neuen Ergebnisse vorgestellt und die Wechselwirkung zwischen Staub und Plasma berücksichtigt werden. Gefördert durch das DLR unter 50WM1139.

- [1] K. O. Menzel et al., Phys. Rev. Lett., **104**, 235002 (2010)

P 14.12 Do 14:00 Poster EG

Untersuchung von Nanopartikeln bei Schichtabscheidungsprozessen — •TORBEN SCHLEBROWSKI, HENDRIK BAHRE, MARC BÖKE und JÖRG WINTER — Institut für Experimentalphysik II, Ruhr Universität Bochum, Deutschland

Im Rahmen von Schichtabscheidungen aus reaktiven Plasmen, wie zum Beispiel bei der Barrierebeschichtung von Kunststofffilmen, entstehen häufig Nanopartikel welche sowohl die Plasmamparameter ändern als auch in die Schichten eingebaut werden können. Gegenstand unserer Untersuchungen sind Barrierschichten, in die zum einem gezielt Nanopartikel eingebaut werden als auch der Vergleich mit einer Schicht, in der sich keine Partikel befinden. Zur untersuchung dieser Partikel wurde ein 3D Scanning System bestehend aus einem Galvanoscanner und einer schnellen, hoch-sensitiven PCO-Kamera konstruiert und qualifiziert, mit dem die Staubbildung als auch die Bewegung der Partikel in reaktiven Plasmen beobachtet werden können.

Die Vorteile dieses Systems sind seine hohe Zeit- und Ortsauflösung sowie eine hervorragende Sensitivität für die Detektion sehr kleiner Partikel (< 50 nm). Zur Überprüfung der Sensitivität in ersten Untersuchungen wurde durch eine größenmessung der in der Schicht enthaltenen Partikel mittels eines SEMs die minimal aufspürbare Partikelgröße ermittelt. Ausserdem wurde der Existenzbereich der Partikelbildung (räumliche Verteilung/Plasmamparameter) in einer Hochleistungs-ICP-Entladung untersucht.

Dieses Projekt wird im Rahmen des SFB-TR87 von der DFG gefördert.

P 14.13 Do 14:00 Poster EG

Dust particle wakes in flowing plasmas: one-to-one comparison of linear-response theory with particle-in-cell simulations — •PATRICK LUDWIG¹, MICHAEL BONITZ¹, and IAN H. HUTCHINSON² — ¹Inst. für Theo. Phys. und Astrophysik, CAU, Kiel — ²MIT, Cambridge, Massachusetts, USA

Extending the controversial discussion on the existence of subsonic plasma wakes in a stationary flowing plasma [1,2], we present results of a high quality one-to-one comparison of the wake potentials computed by (i) linearized-response kinetic theory, and (ii) first principle particle-in-cell simulations [3]. The comparison comprises a broad range of Mach numbers, different electron-to-ion temperature ratios, and applies to collisionless and collisional plasmas as well.

- [1] I. H. Hutchinson, Phys. Rev. E **85**, 066409 (2012)
- [2] O. Arp, J. Goree, and A. Piel, Phys. Rev. E **85** 046409 (2012)
- [3] D. Block, J. Carstensen, P. Ludwig et al., Contrib. Plasma Phys. **85**, 804 (2012)

P 15: Poster: Laserplasmen und Quantenplasmen

Zeit: Donnerstag 14:00–16:00

Raum: Poster EG

P 15.1 Do 14:00 Poster EG

Dust grain charging in the wake of other grains — •DIETMAR BLOCK¹ and WOJCIECH MIŁOCH² — ¹IEAP der CAU Kiel, Leibnizstr. 19, 24118 Kiel, Germany — ²Dept. of Physics, University Oslo, N-0316 Oslo, Norway

Recent experiments have shown that two aligned grains in a plasma flow are charged differently. In this contribution, we address the problem of the charge distribution in two- and multiple grain arrange-

ments in sonic and supersonic collisionless plasma flows by means of self-consistent numerical particle-in-cell (PIC) simulations. First, the charging of a system of two grains is studied for a range of flow velocities and intergrain distances. Second, a third aligned grain is added and its charging process is investigated in detail. In a third step, we investigate the charging of a grain below a layer of grains. Finally a cluster of 15 grains is studied. Thus, our simulations systematically investigate the influence of the local neighborhood on the charging processes for

situations which differ in complexity.

P 15.2 Do 14:00 Poster EG

Progress on a Positron Accumulation Experiment (PAX)

— THOMAS SUNN PEDERSEN¹, XABIER SARASOLA¹, UWE HERGENHAHN¹, NORBERT PASCHKOWSKI¹, EVE STENSON¹, FELIX SCHAUER¹, GERRIT H. MARX², LUTZ SCHWEIKHARD², CHRISTOPH HUGENSCHMIDT³, JAMES R. DANIELSON⁴, and CLIFFORD M. SURKO⁴
 — ¹Max Planck Institute for Plasma Physics, EURATOM Association, Wendelsteinstr. 1, 17491 Greifswald, Germany — ²Institute for Physics, Ernst-Moritz-Arndt University, 17487 Greifswald, Germany — ³FRM II and Physics Department, Technische Universität München, Garching, Germany — ⁴Department of Physics, University of California, San Diego, La Jolla CA, U.S.A.

Positrons have exposed new phenomena in atomic physics, been used as the ingredients for the creation of anti-atoms, and proved to be valuable tools for a variety of material diagnostics; they also represent the limiting ingredient in the formation of an electron-positron pair plasma. These plasmas have been an object of theoretical inquiry for decades but have not yet been created in the laboratory. In recent years, key technological advancements have been made in such areas as the manipulation of non-neutral plasmas, the strength of positron sources, and the development of magnetic field configurations that can confine both non-neutral and quasi-neutral plasmas. By combining these elements, an experiment — currently being assembled — hopes to first accumulate unprecedented numbers of positrons (with potential applications to materials science, atomic physics, etc.) and then use them to fuel an electron-positron plasma (the world's first).

P 16: Poster: Plasma- Wand- Wechselwirkung

Zeit: Donnerstag 14:00–16:00

Raum: Poster EG

P 16.1 Do 14:00 Poster EG

Rekonstruktion von Linienstrahlung in Fusionsplasmen mittels EMC3-EIRENE Simulationen

— FLORIAN EFFENBERG¹, YÜHE FENG², HEINKE FRERICHS¹, DETLEV REITER¹ und OLIVER SCHMITZ¹ — ¹Institut für Energie- und Klimaforschung - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, Association EURATOM-FZJ, Partner im Trilateralen Euregio Cluster, D-52425 Jülich, Deutschland — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Teilinstitut Greifswald, D-17491 Greifswald, Deutschland

EMC3-EIRENE ist als Kombination von Fluid- und Neutralteilchencode zur Simulation der Transportprozesse und Plasma-Wandwechselwirkungen in komplexen 3D-Randschichten von Fusionsexperimenten entwickelt worden. Im Stellarator Wendelstein 7-X erfolgt die Kontrolle der Energie- und Teilchenflüsse in der Plasmarandschicht durch den sogenannten Inseldivertor. Die experimentelle Divertorspektroskopie und -Tomographie nutzt die Linienstrahlung von neutralem und ionisiertem Kohlenstoff sowie aktiv eingebrachter Edelgase.

Zur Optimierung der experimentellen Messtechnik und zum weiteren Studium der Inseldivertorphysik in Wendelstein 7-X wird EMC3-EIRENE mit spektroskopischen und tomographischen Diagnostiken im Divertorbereich sowie an einer vom Divertor entfernt liegenden Position erweitert. Es werden die Ergebnisse numerischer Simulationen mit Kohlenstoffverunreinigungen gezeigt und deren Transport und Linienstrahlung mit den synthetischen Diagnostiken untersucht.

P 16.2 Do 14:00 Poster EG

Sheath dynamics in the intermediate RF regime: Comparing Particle-in-Cell and Ensemble-in-Spacetime

— MOHAMMED SHIHAB¹, ABD ELFATAH ELGENDY¹, IHOR KOROLOV², ARANKA DERZSI², JULIAN SCHULZE³, DENIS EREMIN¹, THOMAS MUSSENBRÖCK¹, ZOLTAN DONKO², and RALF PETER BRINKMANN¹ — ¹Institute for Theoretical Electrical Engineering, Ruhr-University Bochum, Germany — ²Institute for Solid State Physics and Optics, Wigner Research Center for Physics, Hungarian Academy of Sciences, Budapest, Hungary — ³Institute for Plasma and Atomic Physics, Ruhr-University Bochum, Germany

The dynamics of temporally modulated plasma boundary sheaths is studied in the intermediate frequency regime where the applied radio frequency and the ion plasma frequency are comparable. Two kinetic simulation codes are employed and compared. The first code is a realization of the well-known scheme Particle-In-Cell and simulates the entire discharge, a planar capacitively coupled plasma with additional heating source. The second code is based on the recently published scheme Ensemble-in-Spacetime. The two codes are in excellent agreement, both with respect to the spatial and temporal dynamics of the sheath itself, where temporal asymmetry (hysteresis) and other ion transit time effects take place, and with respect to the ion energy distributions at the electrodes. It is concluded that EST may serve as an efficient post-processor for fluid or global simulations. The support by the DFG via SFB-TR87 and by the Hungarian Fund for scientific Research, grand K7753 and K105476 is acknowledged

P 16.3 Do 14:00 Poster EG

Influence of particle flux on morphology changes of tungsten

— LUXHERTA BUZI¹, GREG DE TEMMERMAN², BERND SCHWEER¹, ALEXIS TERRA¹, BERNHARD UNTERBERG¹, and GUIDO VAN OOST³ — ¹Institut für Energie- und Klimaforschung - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, Association EURATOM-FZJ*, D-52425 Jülich, Germany — ²FOM-DIFFER*, Association EURATOM-FOM, P.O. Box 1207, 3430 BE Nieuwegein, The Netherlands — ³Department of Applied Physics, Ghent University B-9000 Ghent, Belgium, *Partners in the Trilateral Euregio Cluster

Tungsten is currently considered as the main candidate material for high heat flux components of future fusion devices. Bombardment of tungsten surfaces by large fluences of low energy particles such as hydrogen isotopes and helium can lead to strong microstructural changes which are mechanically unstable. The occurrence of those effects is strongly dependent on the surface temperature and particle flux. In this contribution we will present the experiments done at PSI-2 linear plasma device in order to generate surface modifications on tungsten. The power flux density delivered to the target at PSI-2 is up to $2 MW m^{-2}$ and the ion flux density is of the order of $10^{22} - 10^{23} m^{-2} s^{-1}$. A dedicated actively heated sample holder was designed and tested in order to provide the required temperature range from 300K to 1800K. We present here the first measurements performed at PSI-2 whereas subsequent experiments are foreseen at Pilot-PSI and MAGNUM-PSI linear plasma devices with higher flux densities up to $10^{25} m^{-2} s^{-1}$.

P 16.4 Do 14:00 Poster EG

Untersuchung von flüssigen Metallen als Wandmaterial für Fusionsanlagen im linearen Plasmagenerator PSI-2

— TOBIAS WEGENER, JAN WILLEM COENEN, VOLKER PHILIPPS und BERNHARD UNTERBERG — Institut für Energie- und Klimaforschung - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, Association EURATOM-FZJ, Partner im Trilateralen Euregio Cluster, Jülich, Deutschland

Erosion begrenzt die Lebensdauer von hoch belasteten Wandkomponenten in Fusionsanlagen. Flüssige Metalle bilden eine interessante Alternative, da erodiertes Material nachfließen und die Wärmeabfuhr durch Konvektion verbessert werden kann. In flüssigen Metallen entstehen im Magnetfeld durch induzierte Ströme große Kräfte, die durch Kapillarkräfte in Metallgittern ausgeglichen werden können. Gegenstand dieses Beitrages sind Untersuchungen zu verschiedenen Materialkombinationen aus flüssigen Metallen (Sn, Ga, Al) und Metallgittern (Mo, W, Edelstahl) im Hinblick auf chemische Kompatibilität, Benetzbarkeit, Erosion und Wärmeleitung bei verschiedenen Temperaturen und unter Plasmaeinfluss. In einem Ofen, unter Vakuum, reagieren ab 900 °C Al und Ga heftig mit Edelstahl. Die Oxidschicht auf Mo/W/Edelstahl verhindert die Benetzung durch das flüssige Sn. Das zeigt sich daran, dass Mo ab 800 °C aufwärts benetzt wird, korreliert mit der Schmelztemperatur der Oxidschicht. Um die Oxidschicht auf W zu reduzieren wird mit H₂ Atmosphäre gearbeitet, zudem ist Plasmareinigung geplant. Es werden ein beheizbares Trägerdesign für den linearen Plasmagenerator PSI-2 und erste Ergebnisse zur Erosion der Flüssigmetalle und der Wärmeabfuhr bei Plasmaexposition vorgestellt.

P 17: Poster: Magnetischer Einschluss

Zeit: Donnerstag 14:00–16:00

Raum: Poster EG

P 17.1 Do 14:00 Poster EG

Modelling of helical current filaments induced by LHW on EAST — ●MICHAEL RACK¹, LONG ZENG^{1,2}, PETER DENNER¹, YUN-FENG LIANG¹, XIANZU GONG², KAIFU GAN², ERIC GAUTHIER³, LIANG WANG², FUKUN LIU², JINPING QIAN², BIAO SHEN², JIANGANG LI², and THE EAST TEAM² — ¹Institute of Energy and Climate Research - Plasma Physics, Forschungszentrum Jülich GmbH, Association EURATOM-FZJ, Partner in the Trilateral Euregio Cluster, D-52425 Jülich, Germany — ²Institute of Plasma Physics, Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031, China — ³Association EURATOM-CEA, IRFM, F-13108 Saint-Paul-lez-Durance, France

Helical radiation belts have been observed in the scrape-off layer (SOL) of the plasma during the application of lower hybrid wave (LHW) heating at the superconducting tokamak EAST. Modelled SOL field lines, starting in-front of the LHW antennas, show agreement in position and pitch angle to the experimental observed radiation belts. A splitting of the strike-line can be observed on the outer divertor plates during the application of LHW heating. Agreement in the comparison of the Mirnov coil signals and a modelled electric current flow along these SOL field lines was found. A lower hybrid current drive can induce such an electric current flow near the plasma edge. This electric current flow causes a change of the plasma topology which could result in the splitting of the strike-line as known from the application of resonant magnetic perturbation fields. Comparisons of modelled footprint structures and experimental observed heat load patterns in the divertor region are discussed.

P 17.2 Do 14:00 Poster EG

Electron Bernstein wave heating at the stellarator TJ-K — ●ALF KÖHN, UDO HÖFEL, EBERHARD HOLZHÄUER, FABIAN OLBRICH, STEFAN WOLF, and MIRKO RAMISCH — Institut für Plasmaphysik, Universität Stuttgart

If the plasma density exceeds the cutoff density of the injected microwaves it becomes inaccessible to them and the waves are reflected. Conventional O- or X-mode heating at the electron cyclotron resonance frequency (ECRF) can no longer take place. Electron Bernstein waves (EBWs) can be used to overcome this limitation: no high-density cutoff exists for these waves and they are very well absorbed at the ECRF and its harmonics. Since this applies to high- and low-temperature plasmas, there exists a wide range of possible applications for them. Due to their electrostatic nature, however, they need to be coupled to injected electromagnetic waves.

In the stellarator TJ-K, overdense plasmas are routinely created by microwave heating at 8 GHz. Appropriate shaping of the injected microwave beam allows to efficiently excite EBWs provided that the fundamental ECRF is located inside the confinement region. As soon as the EBW heating sets in, a sudden increase in the plasma density is observed illustrating the efficiency of this heating mechanism. During a discharge, the background magnetic field can be ramped down by almost a factor of 5 and EBW heating at high harmonics of the ECRF can be investigated. With decreasing magnetic field a reduction in the turbulence level of the plasma density is observed.

P 17.3 Do 14:00 Poster EG

Untersuchungen zum Energietransfer in Driftwellen-Turbulenz am Stellarator TJ-K — ●BERNHARD SCHMID¹, GREGOR BIRKENMEIER², PETER MANZ², MIRKO RAMISCH¹ und ULRICH STROTH² — ¹Institut für Plasmaphysik, Universität Stuttgart — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Garching

Das Verständnis von Zonalströmungen in toroidal eingeschlossenen Plasmen ist für die Fusionsforschung von großer Bedeutung, da diese mit dem Übergang in die H-mode in Zusammenhang gebracht werden. Die zentrale Aufgabe ist es dabei detaillierte Untersuchungen zum Energietransfer anzustellen. Die Niedertemperaturplasmen am Stellarator TJ-K bieten die Möglichkeit Potential und Dichte mit hoher Orts- und Zeitaufösung mit Langmuir-Sonden im gesamten Plasmavolumen zu messen. Somit können die einzelnen Energiebeiträge aufgeschlüsselt werden. Zonalströmungen bilden dabei ein komplexes System mit der umgebenden Turbulenz. Die Energie in den Driftwellen stellt den Antrieb für die Zonalströmungen dar. Auf der anderen Seite ist die Resistivität über die Kopplung in die Druckseitenbänder die globale Energiesenke. In dieser Arbeit wird in einem ersten Schritt die Energieverteilung in der Turbulenz untersucht. Die Skalierung von Lebensdauer und Auftrittshäufigkeit der Zonalströmungen mit der Adiabazität soll dabei Aufschluss über den Einfluss der Dämpfung geben. Da die Zonalströmung durch Verschönerung wieder auf die Turbulenz zurückwirkt, werden außerdem die Auswirkungen der Zonalströmung auf die Korrelationslänge betrachtet.

P 17.4 Do 14:00 Poster EG

Mitigation of disruptions by massive gas injection at TEXTOR — ●ANDREY LVOVSKIY¹, HANS R. KOSLOWSKI¹, MICHAEL LEHNEN¹, and LONG ZENG^{1,2} — ¹Institute of Energy and Climate Research - Plasma Physics, Forschungszentrum Jülich GmbH, Association EURATOM-FZJ, Trilateral Euregio Cluster, D-52425 Jülich, Germany — ²Institute of Plasma Physics, Chinese Academy of Sciences, 230031 Hefei, China

Disruptions are serious issue for safe and reliable operation of tokamak-based fusion machine. Consequences of disruptions such as electromagnetic loads, thermal loads and runaway electrons could cause damage of plasma facing components and even vacuum vessel of future large tokamak ITER. Avoidance or at least mitigation of disruptions is strongly necessary for ITER operation.

Massive gas injection (MGI) could be an efficient way of disruption mitigation. Noble gas MGI mitigates thermal and electromagnetic loads as well as runaway generation.

In this work presented experiments on disruption mitigation at TEXTOR with injection of Ar, He and Ne in wide gas pressure range.

Major diagnostics in the described experiments was a dispersion interferometer (DI). CO₂-laser based DI uses separation of reference and sample beams in the frequency space instead of geometric space. Therefore DI is sustainable to influence of vibrations. Advanced modulation technique allows reliable work of DI in wide phase range as well as at rapid and strong change of phase. Because of these advantages DI is a well suitable diagnostics for density control during disruptions.

P 18: Poster: Plasmatechnologie

Zeit: Donnerstag 14:00–16:00

Raum: Poster EG

P 18.1 Do 14:00 Poster EG

SiO₂ hollow spheres prepared by plasma deposition on polystyrene spheres and subsequent calcination — ●JOHN MEUTHEN¹, LIENHARD WEGEWITZ^{1,2}, OLIVER HÖFFT³, ALEXANDRA PROWALD³, WOLFGANG MAUS-FRIEDRICHS^{1,2}, and FRANK ENDRES³ — ¹Institut für Energieforschung und physikalische Technologien, TU Clausthal — ²Clausthaler Zentrum für Materialtechnik, TU Clausthal — ³Institut für Elektrochemie, TU Clausthal

Multilayer Polystyrene (PS) colloid crystals are exposed to a dielectric barrier discharge (DBD) in a mixture of Nitrogen and Silane as processing gas. This yields a closed layer of silicon nitride on the PS spheres. In

a second step silicon nitride is oxidized to SiO₂ in an oxygen-DBD. Finally PS is calcinated leaving a colloid crystal of hollow SiO₂ spheres. The SiH₄-N₂ plasma treatment is applied at different gas pressures, especially atmospheric pressure and different times, respectively. So the thickness of the silicon nitride layer can be modulated. Furthermore, O₂ can be replaced by air, increasing the applicability of the process. For characterization and validation of each step mainly X-Ray Photoelectron Spectroscopy (XPS) and Atomic Force Microscopy (AFM) are used.

P 18.2 Do 14:00 Poster EG

Development of an electric propulsion system for the UWE-

4 pico satellite — ●MATHIAS PIETZKA, MARINA KÜHN-KAUFFELDT, and JOCHEN SCHEIN — Universität der Bundeswehr München, Institut für Plasmatechnik und Mathematik, Werner-Heisenberg-Weg 39, 85577 Neubiberg

The University of the Federal Armed Forces in Munich is developing a highly precise electric propulsion system for the fine positioning of the upcoming UWE-4 pico satellite of Wuerzburg University. The so called Vacuum Arc Thruster consists of two electrodes insulated from each other. The application of voltage between these electrodes leads to the formation of a plasma plume from the eroded cathode material and therefore to a thrust in the range of Micro Newton. The insulator surface is coated with a conducting layer to decrease the resistance between the electrodes and therefore reduce the required ignition voltage. Recent research is concentrated on the reliability of this layer and, via the plume characteristics, on the improvement of the thrust vector. Therefore the physical properties of the involved materials are of interest as well as a deeper grasp of the cathodic arc phenomena which are not well understood until now. Electric probes and an innovative high speed imaging system are used to determine the physical properties of the plasma plume in correlation with constructive and electrical parameters while the thrust itself is measured by a highly sensible thrust balance. Latest results of this investigation will be presented and discussed here.

P 18.3 Do 14:00 Poster EG

Quasi-linear versus nonlinear shadowing growth — ●PETER MANZ¹, NICOLAS FEDORCZAK², TIMO DITTMAR³, TIM BALONIAK⁴, and ACHIM VON KEUDELL⁴ — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, Garching, Germany — ²CEA, IRFM, Saint-Paul-Lez-Durance, France — ³Center for Energy Research, University of California at San Diego, USA — ⁴Research Department Plasmas With Complex Interactions, Ruhr-Universität Bochum, Bochum, Germany

The nonlocal growth of thin films due to shadowing is investigated in an 1+1 dimensional model. Shadowing depends on the exposure angle and growth normal to the surface which are both highly nonlinear functions of the surface height perturbation themselves. The effects of a given surface height perturbations on the exposure angle and normal growth wavenumber spectra and their nonlinear interactions are studied by means of numerical and experimental surface morphology data. The quantitative impact of roughening due to shadowing can be calculated. It is found that shadowing can be considered as quasi-linear by the cross-correlation between surface height and exposure angle perturbations.

P 18.4 Do 14:00 Poster EG

Kalorimetrische Untersuchung eines thermischen Atmosphärendruck-Plasmajets — ●THORBEN KEWITZ, MAIK FRÖHLICH und HOLGER KERSTEN — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, CAU Kiel

Atmosphärendruck-Plasmajets können aufgrund ihrer im Vergleich zu Niederdruckplasmen einfacheren Handhabung und den Kostenvorteilen in vielen industriellen Bereichen eingesetzt werden. Zu den Anwendungen gehören zum Beispiel die Reinigung von Oberflächen, die Aktivierung von Polymeren und die Abscheidung von funktionellen Schichten. Dabei ist das Wissen über die Temperaturverteilung und Energiedichten, speziell bei der Abscheidung von Schichten auf thermisch sensiblen Materialien, besonders wichtig. Zum einen sind sie entscheidend für die Qualität der Schichtbildung und zum anderen ist der Energieeinstrom bei temperaturempfindlichen Substraten ein entscheidender Faktor. Daher ist die thermische Charakterisierung von Atmosphärendruck-Plasmajets von großer Bedeutung. In der hier vorgestellten Arbeit wurde der Energieeinstrom eines kommerziellen thermischen Atmosphärendruck-Plasmajets mit einer kalorimetrischen Sonde untersucht. Die Ergebnisse geben darüber hinaus Informationen über temperaturbedingte Grenzen dieser Sonde und Hinweise für deren Modifizierung für den Einsatz bei durch Prozessplasmen bedingten hohen Oberflächentemperaturen.

P 18.5 Do 14:00 Poster EG

Plasma-etched silicon-on-insulator structures for integration of photonic components in a high-performance BiCMOS process — ●HARALD RICHTER¹, DAVID STOLAREK¹, MIRKO FRASCHKE¹, RENÉ EISERMANN¹, STEFFEN MARSCHMEYER¹, DIETER KNOLL¹, KATRIN SCHULZ¹, LARS ZIMMERMANN^{1,2}, and BERND TILLACK^{1,2} — ¹IHP, Im Technologiepark 25, 15236 Frankfurt (Oder) — ²TU Berlin, HFT 4, Einsteinufer 25, 10587 Berlin

A combination of Si photonic and electronic components on the same chip is a prospective approach for processing of optoelectronic integrated circuits. The idea of a compact integration of both components is based on the compatibility of silicon-on-insulator (SOI) photonics with highly integrated microelectronic technologies. The integration of photonic building blocks with a state-of-the-art BiCMOS process requires a combination of local SOI regions in a bulk Si environment. Plasma etching is a technological key process step for realization both local SOI areas and high-quality photonic modules.

The present work is focused on plasma etch process development and optimization for different Si photonic components (rib waveguides, nanowires, ring resonators, coupling structures and photonic crystals). Different hard masks for several etch processes were tested and optimized. Experiments have shown the mask opening step is significant for preparation of high-performance Si photonic modules. Moreover, optimized plasma etching procedure developed for creation of local SOI areas is described. Damage-free plasma etching is an essential requirement for subsequent high-quality Si epitaxy.

P 18.6 Do 14:00 Poster EG

Abscheidung von Siliziumoxid- und Zinkoxidschichten mittels Mikrowellen-PECVD — ●STEFAN MERLI, ANDREAS SCHULZ, MATTHIAS WALKER und THOMAS HIRTH — Institut für Plasmaforschung, Pfaffenwaldring 31, 70569 Stuttgart

Die plasmagestützte Gasphasenabscheidung (PECVD) von transparenten dünnen Schutzschichten auf empfindlichen Materialien, wie zum Beispiel Polymeren, stellt für manche industrielle Anwendungen eine interessante Alternative zu Lackiertechniken dar. Die Vorteile sind eine sehr gute Prozesskontrolle, eine hohe Ausbeute der Ausgangsstoffe und eine geringere Anzahl an nötigen Prozessschritten.

In diesem Beitrag wird daher ein Mikrowellen-PECVD-Prozess zur Abscheidung von Siliziumoxid (SiO₂) und Zinkoxid (ZnO) als Kratz- bzw. UV-Schutzschichten untersucht. Als Plasmaquelle kommt ein Array aus vier Duo-Plasmalines zum Einsatz, die mit Mikrowelle bei 2,45 GHz und 2 × 3 kW cw im Niederdruck betrieben wird. Als Ausgangsstoffe dienen Hexamethyldisiloxan (HMDSO) für die SiO₂-Schichten und Diethylzink (DEZ) für die ZnO-Schichten, die jeweils zusammen mit Sauerstoff im Plasma umgesetzt werden.

Für die SiO₂-Schichten konnte eine sehr hohe Abscheiderate von bis zu 1 μm/s bei guter Schichtqualität erzielt werden. Bei den ZnO-Schichten wurde eine hohe Absorption im UV-Bereich bei gleichzeitig hoher Transparenz im sichtbaren Bereich erreicht. Die Abscheidekinetik sowie die mechanischen, optischen und chemischen Eigenschaften beider Schichttypen werden bezüglich der Abscheideparameter untersucht und vorgestellt.

P 18.7 Do 14:00 Poster EG

Silicon dioxide coatings from dielectric barrier discharge in a two step process — ●SEBASTIAN DAHLE^{1,2}, HENNING MUNKERT¹, WOLFGANG VIÖL², and WOLFGANG MAUS-FRIEDRICHS^{1,3} — ¹Institut für Energieforschung und physikalische Technologien, TU Clausthal — ²Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst — ³Clausthaler Zentrum für Materialtechnik, TU Clausthal

The coating of the model substrate titanium dioxide with silicon dioxide has been investigated by means of X-ray Photoelectron Spectroscopy, Metastable Induced Electron Spectroscopy, Ultraviolet Photoelectron Spectroscopy and Atomic Force Microscopy. The silicon was deposited using the gaseous precursor silane, which was diluted in 97% nitrogen for safer handling. The precipitation of the precursors before deposition through oxidation reactions was avoided by cutting the deposition process into two steps. In the first step, silicon was deposited in the form of silicon nitride. In the second step, the film was transformed into stoichiometric silicon dioxide by a second plasma treatment.

P 19: Poster: Theorie und Modellierung

Zeit: Donnerstag 14:00–16:00

Raum: Poster EG

P 19.1 Do 14:00 Poster EG

Herleitung von Momentengleichungen für Elektronen in anisothermen Plasmen — ●MARKUS M. BECKER und DETLEF LOFFHAGEN — INP Greifswald e.V., Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald

Aufgrund des großen Einflusses nichtlokaler elektronenkinetischer Effekte in anisothermen Entladungsplasmen ist die Entwicklung verbesserter Fluid-Modelle, die eine genauere Beschreibung der Elektronenkomponente ermöglichen, nach wie vor von großem Interesse. Ausgehend von der Boltzmann-Gleichung für die Elektronen wurde ein System von Momentengleichungen abgeleitet, welches zeitabhängige Bilanzgleichungen für die Teilchendichte, die Teilchenstromdichte, die Energiedichte sowie die Energiestromdichte der Elektronen umfasst. Unter der Voraussetzung, dass die charakteristische Frequenz der Änderung des elektrischen Feldes klein gegenüber der Impulsdispersionsfrequenz der Elektronen ist, lässt sich das Vier-Momenten-Modell zu einem neuen Drift-Diffusionsmodell vereinfachen. Der Abschluss der Momentengleichungen erfolgt über die Einführung geeigneter Transportkoeffizienten, die als Funktion der mittleren Elektronenenergie bereitgestellt und verwendet werden. Am Beispiel eines Benchmark-Modells sowie einer anomalen Glimmladung in Argon bei Niederdruck wird gezeigt, dass sowohl das Vier-Momenten-Modell als auch das Drift-Diffusionsmodell eine wesentlich genauere Fluid-Beschreibung der Elektronen ermöglicht als konventionelle Fluid-Modelle. Die Arbeit wird von der DFG im Rahmen des SFB-TRR 24 unterstützt.

P 19.2 Do 14:00 Poster EG

Kink Instabilities in Discharge Channels — ●STEPHAN NEFF — TU Darmstadt, Germany

The development of kink instabilities has been observed in gaseous discharge channels (1 m long, 50 kA discharge current). In this presentation, the experimental results are compared to theoretical models for the channel evolution and stability.

P 19.3 Do 14:00 Poster EG

Plasma diagnostics applying K-line emission profiles of mid-Z materials — ●YILING CHEN, HEIDI REINHOLZ, and GERD RÖPKE — Institut für Physik, Universität Rostock, 18051 Rostock

Narrow K-line emission of some keV is known as an appropriate light source for Thomson scattering on warm dense matter with solid and even over-solid electron density. However, as the K-spectra are emitted from a warm dense plasma themselves we are also able to infer plasma parameters by studying the line profiles [1].

Theoretical treatment of spectral line shifts is applied to various moderately ionized mid-Z materials. We focus on the opposing influence of ionization/excitation (blue shift) and plasma polarization effects (red shift). Synthetic spectra of Si K_α are compared with high-resolution Si $K_{\alpha 1,2}$ x-ray fluorescence spectra [2].

To describe the x-ray satellite structures $K_\alpha L^N$, ($N = 0 - 5$) produced by 11.4 MeV/u Ca projectiles penetrating a low-density SiO₂ aerogel target [3], different configuration of the emitting Si ion have to be considered as well [4, 5].

[1] U. ZaTrau, A. Sengebusch, and et al., *High Energy Density Phys.* **7**, 47-53 (2011). [2] Zhenlin Liu, Shouichi Sugata, and et al., *Phys.Rev.B* **69**, 035106 (2004). [3] J.Rzadkiewicz, A. Gojska, and et al., *Phys.Rev.A* **82**, 012703 (2010). [4] Katarzyna Slabkowska and Marek Polasik, *Journal of Phys.* **163**, 012040 (2009). [5] R. L. Watson, F. E. Jenson, and T. Chiao, *Phys.Rev.A* **10**, 4 (1974).

P 19.4 Do 14:00 Poster EG

Quantum-statistical line shape calculations for dense H and H-like plasmas — ●SONJA LORENZEN¹, HEIDI REINHOLZ¹, GERD RÖPKE¹, MARK C. ZAMMIT², DMITRY V. FURSA², and IGOR BRAY² — ¹Institut für Physik, Universität Rostock, 18051 Rostock, Germany — ²Institute of Theoretical Physics, Curtin University, Perth WA 6845, Australia

Pressure broadening of spectral lines due to surrounding charged particles can be used as a diagnostic tool to determine temperature and electron density of a dense plasma. We apply a quantum-statistical theory to line shapes of Lyman lines of H and H-like emitters (Li²⁺).

The electronic self-energy describes the influence of plasma electrons on bound state properties and is therefore a crucial quantity. The effect of strong, i.e. close, electron-emitter collisions is considered with the help of an effective two-particle T-matrix. The T-matrix is calculated with a convergent close coupling code taking into account Debye screening. There, different magnetic quantum numbers and spin channels (singlet, triplet) can be distinguished contrary to our standard Born approximation for the electronic self-energy. For H, the effect of screening is analysed exemplary for $k_B T = 1$ eV and $n_e = 10^{25}$ m⁻³, where width and shift are drastically reduced by the screening.

The ionic self-energy is based on the Stark effect often taken into account only statically. Here, the importance of ion-dynamics is investigated with the help of two different models, namely the model microfield method and the frequency fluctuation model, for different temperatures ($T = 10^4 - 10^7$ K) and densities ($n_e = 10^{23} - 10^{26}$ m⁻³).

P 19.5 Do 14:00 Poster EG

Breathing mode of trapped correlated quantum particles — JAN WILLEM ABRAHAM, ●ALEXEI FILINOV, DAVID HOCHSTUHL, TIM SCHOOF, and MICHAEL BONITZ — Institut für Theoretische Physik und Astrophysik, CAU Kiel, Leibnizstr. 15

We study the quantum breathing mode (monopole mode) of finite quantum systems at low temperature from weak to strong coupling. Using an improved version of the quantum-mechanical sum rule formula of Stringari et al. [1], we perform ab-initio Quantum Monte Carlo simulations to obtain the mode frequencies for dipole-interacting bosons in a harmonic trap [2]. We compare our results to those from other methods and present additional results for fermions [3].

- [1] C. Menotti, and S. Stringari, *Phys. Rev. A* **66**, 043610 (2002)
- [2] A. Filinov et al., *Phys. Rev. Lett.* **105**, 070401 (2010)
- [3] T. Schoof et al., *Contrib. Plasma Phys.* **51**, No. 8, 687-697 (2011)

P 19.6 Do 14:00 Poster EG

Quantum breathing mode of charged fermions in a 2D harmonic trap — CHRIS McDONALD¹, G ORLANDO¹, JAN WILLEM ABRAHAM², DAVID HOCHSTUHL², ●MICHAEL BONITZ², and THOMAS BRABEC¹ — ¹Department of Physics, University of Ottawa, Canada — ²Institut für Theoretische Physik und Astrophysik, CAU Kiel, Leibnizstr. 15

The N-particle time-dependent Schrödinger equation is solved to investigate the quantum breathing mode of Coulomb-interacting fermions confined in two-dimensional quantum dots. [1] The Multi-Configurational Time-Dependent Hartree-Fock method allows us to obtain the mode frequencies for up to 6 particles in the whole range of coupling parameters, from the ideal quantum gas to Wigner crystallization. Furthermore, a new approximate analytical approach to the quantum breathing mode is presented and shows very good agreement with the simulations.

- [1] C. McDonald et al., submitted to *Phys. Rev. Lett.* (2012)

P 19.7 Do 14:00 Poster EG

Screened potential of a proton in a dense hydrogen plasma: comparing DFT and quantum hydrodynamics — ●MICHAEL BONITZ, ECKHARD PEHLKE, and TIM SCHOOF — Institut für Theoretische Physik und Astrophysik, CAU Kiel, Leibnizstr. 15

The phase diagram of dense hydrogen is of vital interest for astrophysical objects, such as stars and planets, and laboratory applications, including warm dense matter, laser plasmas and inertial confinement fusion. At high densities neutral hydrogen is known to pressure ionize into an electron-proton plasma. At sufficiently high densities and low temperatures protons may form a crystal [1], for more details on the phase diagram, see Ref. [2]. In a recent letter [3] Shukla and Eliasson claimed the existence of new type of proton crystal based on a “novel attractive potential” of protons in a dense quantum plasma. We test these predictions by performing ab initio density functional calculations [4] and put them in context with previous results.

- [1] M. Bonitz, V.S. Filinov, V.E. Fortov, P.R. Levashov, and H. Fehske, *Phys. Rev. Lett.* **95**, 235006 (2005)
- [2] J.M. Mc Mahon, M.A. Morales, C. Pierleoni, and D.M. Cerperley, *Rev. Mod. Phys.* **84**, 1607 (2012)
- [3] P.K. Shukla and B. Eliasson, *Phys. Rev. Lett.* **108**, 165007 (2012)
- [4] M. Bonitz, E. Pehlke, T. Schoof, *Phys. Rev. E*, accepted (2013),

arxiv: 1205.4922

P 19.8 Do 14:00 Poster EG

Phase Diagram of Bilayer Electron-Hole Plasmas — JENS SCHLEEDE¹, ●ALEXEY FILINOV^{2,3}, MICHAEL BONITZ², and HOLGER FEHSKE¹ — ¹Institute for Physics, Ernst-Moritz-Arndt Universität, Greifswald, Germany — ²Institute for Theoretical Physics and Astrophysics, Christian-Albrechts-Universität, Kiel, Germany — ³Joint Institute for High Temperatures RAS, Moscow, Russia

We investigate exciton bound-state formation and crystallization effects in two-dimensional electron-hole bilayers. Performing unbiased path integral Monte Carlo simulations all quantum and Coulomb correlation effects are treated on first principles. We analyze diverse structural properties in dependence on the layer separation, particle density and hole-to-electron mass ratio and derive a schematic phase diagram for the neutral mass-asymmetric bilayer system. Our simulations reveal a great variety of possible phases namely an exciton gas, an exciton crystal, an electron-hole liquid and a hole crystal embedded in an electron gas.

[1] J. Schleede, A. Filinov, M. Bonitz, and H. Fehske, *Contrib. Plasma Phys.* **52**, 819 (2012).

P 19.9 Do 14:00 Poster EG

Kinetic Monte Carlo Approach to Cluster Growth in Magnetron Plasmas — ●KENJI FUJIOKA, LASSE ROSENTHAL, SEBASTIAN WOLF, and MICHAEL BONITZ — ITAP University of Kiel, Germany

The control of nanoscale structures is of great importance to the development of technologies. Specifically, the nanoparticle may be considered as the essential building block of a variety of structures. A recent example [1] shows that gold particles can be used as seeds for the growth of nanowires with dimensions and shape controlled by the size of the seed. We present here a kinetic Monte Carlo scheme to simulate the growth [2] and size distributions of metallic clusters formed in a magnetron discharge by the agglomeration of sputtered atoms. Given a set of experimental conditions, we show that the size distribution of emitted clusters can be determined within the growth phase. The use of the *first-reaction* [3] method enables us to significantly speed-up the simulation by following only representative cluster sizes within the system. We present some preliminary results and outline the general ideas to simulate a macroscopic system.

[1] M. Heurlin et al, *Nature*, 492, 90 (2012). [2] B. Smirnov et al, *Phys. Scr.*, 73, 288 (2006). [3] D. Gillespie, *J. Comput. Phys.*, 22, 403 (1976).

P 19.10 Do 14:00 Poster EG

Coupling of drift-fluid turbulence to large-scale transport codes — ●FELIX HASENBECK¹, DIRK REISER¹, PHILIPPE GHENDRIH², YANNICK MARANDET³, PATRICK TAMAIN², and DETLEV REITER¹ — ¹IEK-4 - Plasma Physics, Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich, Germany — ²CEA-IRFM, F-13108 Saint-Paul-lez-Durance, France — ³Aix-Marseille Université, CNRS, PIIM, UMR 7345, F-13397 Marseille Cedex 20, France

Radial particle transport in the edge of tokamak plasmas is governed by turbulence. Corresponding simulations of the edge layer are very time consuming due to the high resolution in time and space needed to capture the relevant processes. Large-scale transport codes mostly use empirical coefficients for diffusion/convection, selected to reproduce experimental findings. This work aims at coupling turbulence and large-scale codes to model transport in accordance with drift-fluid physics without increasing the need for computational power enormously. An analysis of correlation lengths and times of drift-fluid turbulence systems has been carried out to gain information about the scales involved. This helps to evaluate in how far scale separation holds and to find appropriate coarse-graining intervals for handing information about the flux to the large-scale code. Both the 2D, two-field code TOKAM-2D and the 3D, four-field code ATTEMPT have been used for analysis. Additionally, simulations with a 1D code with sampled diffusion coefficients, meant to mimic some aspects of turbulence, were carried out. Thereby, the influence of the sampling intervals in time and space on the density profiles was investigated.

P 19.11 Do 14:00 Poster EG

Formation of nanocolumns in a metal-Teflon nanocomposite: Experiments and Kinetic Monte Carlo simulations — LASSE ROSENTHAL¹, ●MICHAEL BONITZ¹, FRANZ FAUPEL², and THOMAS STRUNSKUS² — ¹Institut für Theoretische Physik und Astrophysik, CAU-Kiel — ²Institut für Materialwissenschaft, CAU-Kiel

One-dimensional nanoscale objects are predicted to have growing potential for many possible future nanoscale applications including electrical, optical and magnetic devices [1]. Of particular interest are ferromagnetic arrays [2] containing parallel monodispersed metallic nanocolumns and their potential use for ultrahigh-density magnetic recording media. Experiments [3] have shown that fabrication of such nanocomposites can benefit from the self-organized growth of metallic nanocolumns during the vapor-phase codeposition of metal and polymer, allowing for a single-step production process of ultrahigh-density nanocolumnar structures embedded in a polymer matrix. Our aim is to present a kinetic Monte Carlo approach [4] which provides a detailed understanding of the coupled cluster processes that are crucial for the self-organized formation of metallic nanocolumns. The dependence of the metallic filling factor and different column geometries on the deposition parameters is discussed and opposed to experimental results.

[1] S. Ge *et al.*, *Adv. Mater.*, **17**, 56 (2005).

[2] S. Khizorov and D. Litvinov, *J. Appl. Phys.*, **95**, 4521 (2004).

[3] H. Greve *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **88**, 123103 (2006).

[4] M. Bonitz *et al.*, *Contrib. Plasm. Phys.*, **52**, 890 (2012).

P 19.12 Do 14:00 Poster EG

Study of the influence of surface properties in fluid modelling of low pressure CCRF discharges in oxygen — ●IGOR SHEYKIN¹, MARKUS M. BECKER¹, KRISTIAN DITTMANN², CHRISTIAN KÜLLIG², JÜRGEN MEICHSNER², and DETLEF LOFFHAGEN¹ — ¹INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald — ²Institute of Physics, University of Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 6, 17489 Greifswald

Capacitively coupled radio frequency (CCRF) oxygen plasmas are widely used for surface treatment applications. Plasma discharges in a configuration with plane parallel electrodes separated by 2.5 cm have been performed using a time-dependent, spatially one-dimensional fluid model. The coupled system of Poisson's equation, balance equations for the densities of 17 heavy particle species and electrons as well as the electron energy balance equation taking into account about 180 collision processes in the reactive scheme has been solved to trace the spatiotemporal discharge behaviour of the periodic state of CCRF oxygen plasmas at 30 Pa. In the present contribution, the influence of the surface properties, such as secondary electron emission by ion impact and reflection of metastable molecules at the electrodes, on the discharge characteristics has been studied for applied voltages in the range from 200 to 1000 V. In particular, the impact on the density of electrons and negative ions and on the excitation of atomic oxygen has been analysed. Significant changes of the discharge behaviour have been found when varying the reflection coefficients. A comparison of modelling results with experimental data is represented and discussed.

The work has been supported by DFG CRC/Transregio 24.

P 19.13 Do 14:00 Poster EG

Numerische Simulation des Gasmanagements und der elektrischen Feldverteilung in einem Mikrowellen-Plasmabrenner — ●SANDRA GAISER, JOCHEN KOPECKI, MARTINA LEINS, ANDREAS SCHULZ, MATTHIAS WALKER und THOMAS HIRTH — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 31, 70569 Stuttgart

Das Atmosphärendruckplasma eines Mikrowellen-Plasmabrenners soll optimiert und damit die Effizienz der plasmachemischen Prozesse erhöht werden. Dazu werden zunächst die elektrische Feldverteilung und das Gasmanagement in der Plasmabrenner-Geometrie mit Hilfe der numerischen Simulationssoftware COMSOL Multiphysics™ modelliert.

Der Brenner besteht aus einem mikrowellentransparenten Rohr, in dem das Plasma betrieben wird. Für ein Zünden des Plasmas sorgt ein koaxialer Resonator, der eine schmalbandige Ankopplung hoher Güte aufweist. Ein breitbandiger zylindrischer Resonator gewährleistet eine optimale Mikrowellenankopplung und somit einen stabilen Plasmabetrieb.

Vorgestellt werden die Feldverteilungen in unterschiedlichen Resonatorgeometrien und deren Ankopplung an das Hohlleitersystem. Um das Zusammenspiel von Zünd- und Brennverhalten zu ermitteln, werden zudem Kombinationen unterschiedlicher Geometrien betrachtet. Eine aus diesen Ergebnissen resultierende optimierte Brenner-Geometrie dient als Grundlage für Simulationen der Gasströmungen. Ziel ist es hierbei, eine hohe Stabilität des Plasmas sowie eine optimale Durchmischung der Gasströmungen zu erreichen.

P 19.14 Do 14:00 Poster EG

Investigation of power spreading in a tokamak divertor using numerical tools — ●FELIX HOPPE, ANDREA SCARABOSIO, MARCO

WISCHMEIER, and ASDEX UPGRADE TEAM — Max-Planck Institut für Plasmaphysik, Boltzmannstr. 2, 85748 Garching, Germany

Divertors are widely used in today's fusion devices in order to reduce plasma core impurities and improve energy confinement. As the divertor targets are exposed to the largest part of the particle and heat loads reaching the wall, these loads must be reduced to prevent material damage. An enhancement of the plasma-wetted area on the targets is one approach. In low density plasmas, the plasma-wetted area is mainly given by the width of the scrap-off-layer (SOL) plasma at the divertor entrance, modified by heat diffusion into the private flux region (PFR) in the divertor. The heat diffusion broadens the heat flux profile at the targets. This can be approximated by a convolution of the upstream profile with a Gaussian of width S . The SOLPS5.0 code package is used to study the influence of divertor geometry and neutral pressure on S . The code is then validated by comparing the numerical results to the experimental findings in the ASDEX Upgrade tokamak.

P 19.15 Do 14:00 Poster EG

Nonlinear Evolution of the Mode Structure of ELMs in Realistic ASDEX Upgrade Geometry — •ISABEL KREBS, MATTHIAS HÖLZL, KARL LACKNER, SIBYLLE GÜNTHER, and THE ASDEX UPGRADE TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, Boltzmannstr. 2, Garching, Germany

Edge-localized modes (ELMs) are edge instabilities in H-mode plasmas, which eject particles and energy. The suitability of the H-mode for future fusion reactors depends crucially on the exact ELM dynamics as they can damage plasma facing components if too large.

We have simulated ELMs in ASDEX Upgrade geometry using the nonlinear MHD code JOREK. Emphasis was put on the mode structure evolution in the early ELM phase which is characterized by the exponential growth of the unstable toroidal Fourier harmonics followed by a phase of saturation. In the linear phase, toroidal harmonics grow independently, whereas at larger amplitudes, the nonlinear interaction between the toroidal harmonics influences their growth and structure.

Prior to mode saturation, the evolution of the mode structure can be reproduced well by a simple quadratic mode-interaction model, which yields a possible explanation for the strong $n=1$ component of type-I ELMs observed in ASDEX Upgrade. In the linear phase of the simulations, intermediate toroidal mode numbers ($n \sim 6-14$) are most unstable as predicted by the peeling-ballooning model. But non-linearly, the $n=1$ component becomes important due to an energy transfer from pairs of linearly dominant toroidal harmonics with neighboring mode numbers to the $n=1$. The latter thereby changes its spatial structure.

P 19.16 Do 14:00 Poster EG

Berechnung von Transportkoeffizienten in nichtidealen Plasmen — •MICHAEL ENDRES, CLAUDIA-VERONIKA MEISTER und DIETER H. H. HOFFMANN — Institut für Kernphysik, TU Darmstadt, Schlossgartenstraße 9, 64289 Darmstadt, Germany

Die elektrische Leitfähigkeit des vollständig ionisierten dichten Wasserstoffplasmas wird als Beispiel für Transporteigenschaften eines Plasmas untersucht. Dabei wird für die nichtidealen Plasma eine Näherung verwendet, die für wesentlich größere Plasmaparameter als die Spitzer-Theorie gültig ist. Es wird ein Ausdruck für die Leitfähigkeit vorgestellt, der mit Hilfe der Methode der Linear Response hergeleitet wurde. Dieser ist abhängig von Korrelationsfunktionen, die in sogenannter T-Matrix Näherung berechnet werden. Hierzu ist es nötig, die Streuphasen der jeweiligen Wechselwirkungspotentiale zu bestimmen. Die erhaltenen theoretischen Resultate für die elektrische Leitfähigkeit werden mit experimentellen Werten verglichen.

P 19.17 Do 14:00 Poster EG

Modeling and simulating high-harmonic generation with lasers at plasma surfaces — •NILS FAHRENKAMP, TATYANA LISEYKINA, and DIETER BAUER — Institut für Physik, Universität Rostock, 18051 Rostock

When a linearly polarized laser pulse interacts with a dense plasma surface, the Lorentz force drives longitudinal oscillations at the surface, which hence is expected to behave as an oscillating mirror reflecting the incident light in the specular direction. The widely used oscillation mirror model (OMM) [1] accounts for high-harmonic generation (HHG) by treating the electron density profile as a rigid step-function. The motion of such a "mirror" depends on the plasma density, the laser polarization, the angle of incidence, and the intensity of the laser pulse (see [2,3] and references therein). We present results from one-dimensional particle-in-cell simulations and compare them with both

the OMM and a further simplified model where the plasma response is included phenomenologically by inserting a harmonic recoil force into the equation of motion for the plasma-mirror.

- [1] S. Bulanov, N. Naumova, F. Pegoraro, Phys. Plasmas 1, 745 (1994).
- [2] U. Teubner, P. Gibbon, Rev. Mod. Physics. 81, 45 (2009).
- [3] A. Macchi, *A Superintense Laser-Plasma Interaction Theory Primer*, (Springer, Heidelberg, 2013).

P 19.18 Do 14:00 Poster EG

Configuration path integral Monte Carlo simulation of correlated fermions — •TIM SCHOOF, SIMON GROTH, DAVID HOCHSTUHL, ALEX FILINOV, and MICHAEL BONITZ — Institut für Theoretische Physik und Astrophysik, Christian-Albrechts Universität zu Kiel, Germany

The configuration path integral Monte Carlo (CPIMC) approach for correlated many-particle systems with arbitrary pair interactions in a continuous space at finite temperatures is presented [1,2]. It is based on a representation of the N -particle density operator in a basis of (anti)-symmetrized N -particle states (configurations of occupation numbers). The method is applied to degenerate, correlated fermions in a two dimensional trap. A Restricted Active Space approach is used to reach stronger couplings ($\lambda \leq 4$) and larger particle numbers ($N \leq 10$). The efficiency of the method (fermion sign problem) is investigated and compared to standard Direct fermionic path integral Monte Carlo and an exact diagonalization method.

- [1] T. Schoof, M. Bonitz, A. Filinov, D. Hochstuhl, and J. Dufty, Contrib. Plasma Phys. 51, 687 (2011)
- [2] T. Schoof, Thermodynamische Eigenschaften entarteter, korrelierter Fermionen, Diplomarbeit, Universität Kiel (2011)

P 19.19 Do 14:00 Poster EG

Cluster virial expansion for partially ionized plasmas — •NIELS-UWE BASTIAN, HEIDI REINHOLZ, and GERD RÖPKE — Universität Rostock

The chemical picture serves as an intuitive concept to treat the low-density limit of many-particle systems forming clusters (bound states). Systematic quantum statistical approaches allow to combine the mass action law with mean-field concepts. Within a generalized Beth-Uhlenbeck approach, the quasiparticle virial expansion and the suppression of correlations due to screening and Pauli blocking is formulated. This approach is generalized to include arbitrary clusters, where special attention must be paid to avoid inconsistencies such as double counting. The contribution of the continuum to the virial coefficients can be reduced considering separately excited states and quasiparticle energies. The cluster-virial expansion connects known benchmarks at low densities as well as at high densities. In detail the electron, proton and atom system is considered.

P 19.20 Do 14:00 Poster EG

Transverse effects during the ultra-short relativistic laser pulse amplifications via Raman and Brillouin processes — •FRIEDRICH SCHLACK, GÖTZ LEHMANN, and KARL-HEINZ SPATSCHEK — Heinrich-Heine Universität, 40225 Düsseldorf

Plasma-based amplification stages are a key element in the plans for the next generation of high-intensity ultra-short pulse laser amplifiers (www.int-zest.com). Energy transfer from a long pump pulse to a short seed pulse can be achieved via stimulated Raman or Brillouin scattering. To achieve high efficiency, it seems favorable to operate at high plasma densities. To keep the local energy density non- or weakly relativistic, large transversal beam diameters are currently discussed. This opens up the possibility of transversal instabilities.

We study the influence of transversal instabilities on Raman and Brillouin amplification to identify parameter regimes that allow for stable operation. Starting from simplified three-wave interaction models we motivate optimal choices for plasma density and pulse parameters. The predictions are then checked by numerical simulations.

P 19.21 Do 14:00 Poster EG

Linear response of strongly correlated confined plasmas — •HANNO KÄHLERT¹, GABOR J. KALMAN¹, and MICHAEL BONITZ² — ¹Boston College, Department of Physics, Chestnut Hill, USA — ²Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Theoretische Physik und Astrophysik

The quasi-localized charge approximation is based on the caging effect in strongly coupled liquids and has been widely applied to homogeneous systems in the past [1]. Here, we investigate the linear response

of confined strongly coupled plasmas by applying the theory to inhomogeneous systems in traps. The results should be important for confined dusty plasmas, laser-cooled ions, or ultracold neutral plasmas in the strongly correlated limit. Similar to previous calculations [2], we derive an equation for the fluid displacement field, which requires the density profile and the static pair correlation function of the confined plasma as input parameters. This adds correlation effects to the cold-fluid equations, which we previously used to study the collective modes of a confined Yukawa plasma [3]. We further discuss a possible extension to a kinetic theory based on an extended STLS scheme [4].

[1] K. I. Golden and G. J. Kalman, *Phys. Plasmas* **7**, 14 (2000)
 [2] C.-J. Lee and G. J. Kalman, *J. Korean Phys. Soc.* **58**, 448 (2011)
 [3] H. Kählert and M. Bonitz, *Phys. Rev. E* **82**, 036407 (2010)
 [4] K. S. Singwi *et al.*, *Phys. Rev.* **176**, 589 (1968)

Supported by the DAAD via a postdoctoral fellowship and the DFG via SFB TR24.

P 19.22 Do 14:00 Poster EG

Investigation of nonlinear dynamics in capacitively coupled radio frequency discharges — ●SCHABNAM NAGGARY, ABD ELFATTAH ELGENDY, THOMAS MUSSENBRÖCK, and RALF PETER BRINKMANN — The Institute for theoretical electrical engineering, Ruhr university Bochum, Germany

Capacitively coupled radio frequency plasmas (CCP-RF) are widely used in material processing. Considering of the complicated analysis of the dynamic behavior of CCP-RF discharges, global models provide a simple understanding of these dynamics with relatively little effort.

Based on the matrix sheath model approach and description of the nonlinear charge-voltage characteristics of the sheath by a quadratic approximation, the global model yields a reasonable approximation of the RF current through the discharge. However, a more accurate description of the dynamics of CCP-RF discharges needed by the most plasma technologies can be obtained by applying a more exact sheath model realized by a cubic charge-voltage characteristic. This work shows that a small variation in the cubic charge-voltage characteristic compared to the quadratic approximation leads to considerably modification of the RF current which in turn has a significant influence on the power dissipation in the plasma.

P 19.23 Do 14:00 Poster EG

Dielectric wave model for the stratified ionospheric E-layer — ●CLAUDIA-VERONIKA MEISTER, HENRIKE ERHARD, and DIETER H. HOFFMANN — Institut für Kernphysik, TU Darmstadt, Schloss-

gartenstraße 9, 64289 - Darmstadt, Germany

A dielectric model for waves of the Earth's ionosphere caused by acoustic-type waves is developed. In doing so, in comparison to the well-known dielectric wave model by R.O. Dendy for homogeneous systems, the stratification of the atmosphere is taken into account. Moreover, within the frame of many-fluid magnetohydrodynamics also the momentum transfer between the charged and neutral particles is considered. The acoustic-type waves in the warm, weakly-collisional E-layer are introduced in the magnetohydrodynamic system by a fluctuating neutral-particle component. Models of the altitudinal scales of the plasma parameters and the electromagnetic wave field are derived. In case of the electric wave field, a method is given to calculate the altitudinal scale based on the Poisson equation for the electric field and the magnetohydrodynamic description of the particles. Further, an expression is derived to estimate the temperature changes in the E-layer because of the propagation of acoustic-type wave modes.

P 19.24 Do 14:00 Poster EG

Simulationen zur Gasdynamik in Sputterprozessen — ●J. TRIESCHMANN^{1,2}, R.P. BRINKMANN¹, T. MUSSENBRÖCK¹, S. BIENHOLZ¹, P. AWAKOWICZ¹, R.H. BRUGNARA², N. BAGCIYAN² und K. BOBZIN² — ¹Ruhr-Universität Bochum, Bochum, Deutschland — ²RWTH Aachen, Aachen, Deutschland

Magnetron Sputtering (DC-MS und HPPMS) ist für viele PVD-Prozesse zur Erzeugung von Korrosions- und Abnutzungsschutzschichten von großer Bedeutung; insbesondere die Kenntnis über die gasdynamischen Vorgänge innerhalb der benutzten Reaktorkammer.

In komplexen Reaktorgeometrien ist die Beschreibung der räumlichen Verteilung von Teilchen nur mittels numerischer Modelle möglich. Abhängig von der Geometrie des Reaktors und dem Prozessdruck (vgl. Knudsen-Zahl Kn) können Kontinuums- oder kinetische Modelle, wie die Direct Simulation Monte Carlo (DSMC) Methode, benutzt werden.

In dieser Arbeit werden DSMC-Simulationen verschiedener Magnetron Sputteranlage diskutiert. Die Simulationen basieren auf der frei verfügbaren Software OpenFOAM. In den untersuchten Reaktoren ist die Strömung mit einer Knudsen-Zahl von $Kn \approx 1$ im Übergangsbereich. Es werden Simulationsergebnisse zur Gasdynamik (Argon und Stickstoff) innerhalb der Reaktoren, sowie zum Sputter-, beziehungsweise Abscheideprozess von Aluminium und Chrom diskutiert und analysiert. Des Weiteren werden diese Ergebnisse unterstützt durch experimentelle Untersuchungen bzgl. der Druckverteilung, sowie des den Prozess treibenden Plasmas. (Die Arbeit wird gefördert durch die DFG im Rahmen des Sonderforschungsbereichs TRR87.)

P 20: Plasmatechnologie II

Zeit: Donnerstag 16:30–19:00

Raum: HS 5

Hauptvortrag P 20.1 Do 16:30 HS 5
Nichtthermische Plasma-Anwendung für saubere, nachhaltige Verbrennungsprozesse — ●THOMAS HAMMER — Siemens AG, Corporate Technology, CT RTC ENC, Erlangen

Verbrennungsprozesse gehören auch heute noch zu den am häufigsten eingesetzten Prozessen zur Energiewandlung: Sie finden Einsatz in Gas-, Öl-, oder Kohle befeuerten thermischen Kraftwerken mit Leistungen $> 500 \text{ MW}_{el}$, in dezentralen, mit fossilen Brennstoffen oder Biomasse betriebenen Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung im 100 kW bis 10 MW Bereich, in industriellen Prozessen wie der Zementherstellung, und für den Betrieb von Kraftmaschinen in Kraftfahrzeugen, Lokomotiven und Schiffen. Die steigenden Anforderungen hinsichtlich Wirkungsgrad, Schadstoff-Emissionen und Brennstoff-Flexibilität erfordern konditionierten Brennstoff, zuverlässige Zündung, und stabile, kontrolliert ablaufende Verbrennungsprozesse. Gegenwärtig wird der Einsatz elektrischer Energie aus erneuerbaren Quellen für die Erzeugung von Kraftstoffen unter Nutzung von CO_2 diskutiert.

Dieser Vortrag befasst sich mit dem Einsatz von Plasmaverfahren in modernen Kraftmaschinen und Gasturbinen. Die Zündung und Steuerung mager betriebener Hochdruck-Verbrennungsprozesse mit Radiofrequenzplasmen, elektrischen Feldern, Barrieren-Entladungen und Gleichstromentladungen wird vorgestellt. Reaktorkonzepte für die Reformierung von Brenngasen werden hinsichtlich ihrer plasmachemischen Wirkungsgrade verglichen, und ein Ausblick auf den Einsatz dieser Konzepte für die Nutzung von CO_2 wird gegeben.

Hauptvortrag P 20.2 Do 17:00 HS 5
An efficient procedure to identify and quantify new molecules for insulating gas mixtures — ●CHRISTIAN M. FRANCK, DOMINIK A. DAHL, and MOHAMED RABIE — Institute for Power Systems and High Voltage Technology, ETH Zurich, Switzerland

In this contribution, a new program to systematically identify and quantify new gas molecules with low global warming potential for application in high voltage insulation as gas mixtures is presented. The main attention is on highly efficient procedures to be able to scan a large number of candidate gases.

To identify new molecules, an empirical correlation between the electric strength and certain molecular properties, like polarizability or dipole moment, which can be calculated by means of density functional theory (DFT) is derived. This correlation function is used to screen further gases from available molecule libraries. The electric strength of these pre-selected molecules in mixtures with buffer gases is then quantified using a newly set-up Pulsed Townsend (PT) experiment. In particular the transport coefficients, as well as attachment and ionization rates can be determined with high precision. The setup operates with a high degree of automation to enable systematic evaluation of different gas mixtures not to miss possible synergistic effects between buffer and attaching gas.

P 20.3 Do 17:30 HS 5

Beeinflussung der Cold-Spot-Temperatur in HID-Lampen — ●CORNELIA RUHRMANN¹, SVEN GRÖGER¹, THOMAS HÖBING¹,

ANDRE BERGNER¹, JOS SUIJKER², JÜRGEN MENTEL¹ und PETER AWAKOWICZ¹ — ¹Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Allgemeine Elektrotechnik und Plasmatechnik, Bochum, Deutschland — ²Category Prof. Lamps, Philips Lighting, Eindhoven, Niederlande

Die Erhöhung der Lebensdauer von Hochdruckgasentladungslampen (HID-Lampen) kann durch eine Reduktion der Temperatur der Wolfram-Elektroden anhand des Gasphasen-Emitter-Effekts erreicht werden. Dabei entsteht auf der Elektrodenoberfläche eine Monolage elektropositiver Atome verschiedenster Emitter-Elemente, welche die effektive Austrittsarbeit von Wolfram reduziert. Die Strahlung von Heizwendeln erhöht die Cold-Spot-Temperatur berührungslos. Dies zieht einen Anstieg des Partialdrucks der Emitter-Atome und Ionen und somit eine Erhöhung der jeweiligen Dichten nach sich. Die Bedeckung der Elektrodenoberfläche mit dem jeweiligen Emitter-Element wird unabhängig von dem Leistungseintrag in die Lampe auf Basis von spektroskopischen Dichte- und pyrometrischen Elektrodentemperaturmessungen an speziellen Forschungslampen untersucht.

Diese Arbeit wurde gefördert durch Philips Lighting, NL, und die Research School der Ruhr-Universität Bochum.

P 20.4 Do 17:45 HS 5

2D-2λ-Pyrometry - a reliable method for electrode temperature measurement — ●ALEXANDER ALEXEJEV, THOMAS BAROWSKI, STEPHAN HOLTRUP, JÜRGEN MENTEL, and PETER AWAKOWICZ — Ruhr Universität Bochum, Lehrstuhl für Allgemeine Elektrotechnik und Plasmatechnik

A reliable measurement of electrode temperatures within high intensity discharge lamps (HID-lamps) is becoming ever more imperative. Measurements on commercial HID-Lamps are difficult due to a non cylindrical shape of the electrode and a distorted view by the curvature of the tube. Especially the temperature at the electrode tip is hard to access with sufficient precision due to uncontrollable surface roughening. Surface roughening influences the emission properties of the electrode, thus making pyrometric measurements doubtful.

A reduction of such an influence can be achieved by measuring emission of a whole electrode surface at different wavelengths simultaneously. This can be done either by dividing the light beam and measuring each wavelength with a different camera, or by filtering the divided beams and focusing them back on a single camera. By forming a ratio from two measurements the effects of surface roughening on the temperature determination can be reduced significantly. Mathematically, the surface dependent emission coefficients ratio hardly contributes to the results.

The authors present the method of 2D-2λ-Pyrometry. The results from measurements on the Bochum model lamp will be presented to point out the advantages of the method.

P 20.5 Do 18:00 HS 5

Elektrische und optische Untersuchung der DBD-Zündhilfe in Xe-HID-Lampen für Autoscheinwerfer — ANDRE BERGNER, ●SVEN GRÖGER, THOMAS HÖBING, CORNELIA RUHRMANN, JÜRGEN MENTEL und PETER AWAKOWICZ — Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Allgemeine Elektrotechnik und Plasmatechnik, Bochum, Deutschland

Der hohe Xenon-Kaltfülldruck von 15 bar in den untersuchten HID-Lampen hat eine hohe Zündspannung zur Folge. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich daher mit einer speziellen Zündhilfe für diese Lampen. Bei den untersuchten Lampen wird nicht nur das eigentliche Entladungsvolumen für den Lichtbogen mit Gas gefüllt, sondern auch der Außenkolben der Lampe. Dadurch bildet sich bei der Zündung der Lampe zunächst eine DBD im Außenkolben aus, die die Zündspannung des Innenkolbens senkt. Zur Untersuchung dieser Außenkolbenentladung wurde ein spezieller Modellaußenkolben entwickelt, der auf der einen Seite den geometrischen Abmessungen des realen Lampenkolbens sehr nahe kommt und auf der anderen Seite die Möglichkeit bietet, die Gasart und den Druck im Außenkolben zu variieren. Der Zündprozess der Lampe und speziell die Außenkolbenentladung wurde mit verschiedenen optischen und elektrischen Methoden untersucht und die Ergebnisse miteinander korreliert. Die Autoren möchten dem CATRENE SEEL project (CA502), dem BMBF (FKZ: 13N11265/16N11265) und der RUB Research School für die finanzielle Unterstützung danken. Außerdem danken die Autoren U. Hechtfisher und G. Tohadse (Philips Aachen) für die fachliche Unterstützung.

P 20.6 Do 18:15 HS 5

Molekulare Strahlung mikrowellenangeregter Indiumiodid-

entladungen — ●CHRISTOPH KAISER, CELAL MOHAN ÖGÜN, RAINER KLING und WOLFGANG HEERING — Engesserstr. 13, 76131 Karlsruhe

Die Steigerung der Effizienz, sowie die Erhöhung der Lebensdauer von Hochdrucklampen (HID-Lampen) ist Gegenstand aktueller Forschung. Die Elektroden der Lampen ermöglichen einen Wärmetransport zur Außenseite der Lampe und reduzieren so den Wirkungsgrad. Zudem limitiert die Erosion der Elektroden die Lebensdauer. Beide Mechanismen können unterbunden werden, wenn der Leistungseintrag in die Lampe ohne Elektroden durchgeführt wird. Eine Möglichkeit hierfür ist die Anregung mittels plasmageführter Mikrowellen. Indiumiodidhaltige Entladungen zeichnen sich hierbei bereits bei niedrigen Lampendrücken durch eine stark ausgeprägte Untergrundstrahlung aus.

Die Emissionskoeffizienten sowie die Absorptionskoeffizienten der Entladung wurden durch semiklassische quantenmechanische Betrachtungen der Strahlung der $^3\Pi_0+ \rightarrow ^1\Sigma^+$ und $^3\Pi_1 \rightarrow ^1\Sigma^+$ Übergänge des Indiumiodidmoleküls bestimmt, und denen der druckverbreiterten Linienstrahlung gegenübergestellt.

Durch eine Zwei-Parameter-Näherung wurde eine gute Übereinstimmung zwischen Experiment und Theorie erreicht. Dabei können wesentliche Strahlungsbeiträge auf die molekulare Emission zurückgeführt werden.

P 20.7 Do 18:30 HS 5

Der Einfluss von Antennen auf die Heißzündung von HID-Lampen — ●THOMAS HÖBING¹, ALEXANDER ALEXEJEV¹, ANDRE BERGNER¹, BERND KOCH², FREDDY MANDERS³, CORNELIA RUHRMANN¹, JÜRGEN MENTEL¹ und PETER AWAKOWICZ¹ — ¹Allgemeine Elektrotechnik und Plasmatechnik, Ruhr-Universität Bochum — ²OSRAM AG, Nonnendammallee 44, 13269 Berlin — ³Philips Lighting, Steenweg op Gierle 417, 2300 Turnhout, Belgium

Eine zuverlässige Zündung von heißen HID-Lampen ist für einen breit gefächerten Einsatzbereich existenziell. Eine Reduktion der Zündspannung kann durch die Verwendung von Antennenanordnungen erzielt werden. Durch die elektrische Kontaktierung von einer Antenne (aktive Antenne) mit einer der beiden Elektroden der HID-Lampe wird das Potential der kontaktierten Elektrode an die Gegenelektrode herangezogen. Der erhöhte Potentialgradient verursacht ein hohes elektrisches Feld zwischen Antenne und gegenüberliegender Elektrode. Dieses induziert im Brenner eine dielektrisch behinderte Entladung (DBD). Die Ausbildung eines Entladungskanals bei der Zündung wird durch die erhöhte Anzahl freier Elektronen positiv beeinflusst. Die Autoren präsentieren Messungen der Zündspannung von heißen HID-Lampen als Funktion der Abkühldauer für verschiedene Antennenanordnungen. Die DBD wurde mit einer ICCD-Kamera und einer Photodiode zeitlich und räumlich aufgelöst registriert. Dadurch konnte gezeigt werden, dass die Zündspannung mit steigender Intensität der Vorentladung abnimmt. Die Autoren möchten dem CATRENE SEEL project (CA502) und dem BMBF (FKZ: 13N11265/16N11265) danken.

P 20.8 Do 18:45 HS 5

Untersuchung der transienten Prozesse bei der Erzeugung von elektrodenlosen mikrowellenangeregten Niederdruckentladungen — ●CELAL MOHAN ÖGÜN, CHRISTOPH KAISER und RAINER KLING — Lichttechnisches Institut des Karlsruher Instituts für Technologie, Karlsruhe, Deutschland

Die UV-Blitzlampen gewinnen heutzutage für die Sterilisation der Lebensmittelverpackung oder der medizinischen Werkzeuge mehr an Bedeutung. Dadurch entstehen Vorteile wie zum Verhindern des Überhizens der Verpackung. Im Vergleich zu kommerziellen Lösungen lässt sich anhand einer gepulsten Quecksilber-Niederdruckentladung eine höhere Effizienz erreichen.

Die gepulsten Plasmen, angeregt elektrodenlos durch Oberflächenwellen, wurden wegen ihrer Stabilität und Reproduzierbarkeit für diese Arbeit eingesetzt. Im gepulsten Betrieb lassen sich hohe Spitzenleistungen erzielen, während die mittlere Leistung klein bleibt, was eine höhere Elektronendichte und intensivere Strahlung erlaubt.

Um die optimalen Entladungsparameter zu erhalten, wurden die transienten Prozesse bei der Erzeugung und Stabilisierung des Plasmas bei einer Frequenz von 2,45 GHz untersucht. Die Geschwindigkeit der Ionisationsfront, das Temperaturverhalten der Lampe und die Dauer der Nachleuchten wurde axial entlang der Lampe aufgelöst und anhand spektroskopischer Methoden bei variierter Leistungsdichte und variiertem Argon-Startgasdruck bestimmt. Es konnte gezeigt werden, dass der gepulste Betrieb für quecksilberhaltige Niederdruckentladungen mit Pulsdauern < 1 ms realisierbar sind.

P 21: Plasma- Wand- Wechselwirkung

Zeit: Donnerstag 16:30–18:55

Raum: HS 3

Hauptvortrag

P 21.1 Do 16:30 HS 3

Computersimulationen von Plasmen in teilweise chaotischen Magnetfeldern — ●HEINKE FRERICHS¹, DETLEV REITER¹, OLIVER SCHMITZ¹ und YÜHE FENG² — ¹Institut für Energie- und Klimaforschung (IEK-4), Forschungszentrum Jülich GmbH, Association EURATOM-FZJ — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Teilinstitut Greifswald

Die Entwicklung der Fusionstechnologie als alternative Energiequelle erfordert die Untersuchung von magnetisch eingeschlossenen Hochtemperaturplasmen. Von besonderer Bedeutung ist dabei die Quantifizierung von Plasmaeigenschaften in der Nähe von exponierten Oberflächen des Plasmagefäßes mit Hilfe von Computersimulationen, sowohl für die Interpretation gegenwärtiger Fusionsexperimente als auch für den Entwicklungsprozess zukünftiger Großgeräte wie ITER, W7-X oder DEMO.

Gegenstand aktueller Forschung ist die gezielte Manipulation von Teilchen- und Wärmeflüssen in der Randschicht eines Fusionsplasmas durch bewusste Störungen des zum Einschluss notwendigen Magnetfelds. Diese Störungen bewirken die Entstehung einer teilweise chaotischen Magnetfeldstruktur, weshalb die Untersuchung der damit verbundenen Effekte, z.B. die Auswirkung auf Plasma-Wand-Wechselwirkungsbereiche, 3D Simulationsmodelle erforderlich macht. Die Herausforderungen und Umsetzung der numerischen Beschreibung einer komplizierten 3D Magnetfeldstruktur und der damit verbundenen Auswirkung auf Plasma- und Neutralgas-Transport wird vorgestellt und die Anwendung auf aktuelle Fusionsexperimente gezeigt.

P 21.2 Do 17:00 HS 3

Redirection of impurity migration by increased ExB drift due to stochastic field lines — ●RUTH LAENGNER, OLIVER SCHMITZ, ANDREAS KIRSCHNER, SEBASTIJAN BREZINSEK, AKADI KRETER, SÖREN MÖLLER, MARKO LAENGNER, ULRICH SAMM, and AND THE TEXTOR TEAM — Institute of Energy and Climate Research - Plasma Physics, Forschungszentrum Jülich GmbH, Association EURATOM-FZJ, Partner in the Trilateral Euregio Cluster, Jülich, Germany

Resonant Magnetic Perturbations (RMPs) are one method for the control of the transport mechanisms in the plasma edge of fusion devices. Dedicated experiments for the investigation of material transport in such a perturbed boundary were performed at the tokamak TEXTOR. Spectroscopic measurements of light emission during the experiment and post mortem analysis with Nuclear Reaction Analysis (NRA) were employed. The light emission of low ionized carbon showed a tilt in 90 degrees during RMP application compared to the unperturbed case. However, former experiments show a rise in the radial electric field (E_r) and in consequence a larger $E_r \times B$ drift due to field line stochasticity induced by the RMPs. The quantitative change in E_r is capable to cause the observed effect in agreements with model predictions. NRA revealed a less pronounced tilt in the re-deposition pattern, which can be explained by the presence of neutrals being re-deposited. To verify the $E_r \times B$ drift as possible reason for the ion transport the impurity transport code ERO was used.

P 21.3 Do 17:15 HS 3

Removal of deuterated carbon codeposits by ion cyclotron wall conditioning plasmas in TEXTOR — ●SÖREN MÖLLER¹, ARKADI KRETER¹, TOM WAUTERS², GENNADY SERGIENKO¹, and ULRICH SAMM¹ — ¹Institute for Energy- and Climate Research - Plasma Physics, Forschungszentrum Jülich GmbH, Association EURATOM-FZJ, Partner in Trilateral Euregio Cluster, Jülich, Germany — ²LPP-ERM/KMS, Association Euratom-Belgian State, 1000 Brussels, Belgium

Experiments to quantify the removal rates of deuterated carbon codeposits by ion cyclotron resonance frequency (ICRF) plasmas in hydrogen, deuterium and oxygen were conducted in the tokamak TEXTOR. By variation of the gas pressure, magnetic fields and ICRF power the plasmas were optimized to obtain the highest removal rates. The removal rates were assessed by exposing pre-characterized samples. A special holder allowed for exposing samples at several radial positions and with parallel and perpendicular orientations with respect to the toroidal magnetic field. Pre- and post-exposure characterization of the layers was performed by ellipsometry and nuclear reaction analysis.

The highest removal was obtained with deuterium plasma, resulting in complete layer removal, corresponding to a rate of at least 84nm/min. Oxygen plasma reached 38nm/min. The ion fluxes, as measured by Langmuir probes, in the deuterium plasma were about 60 times larger compared to the oxygen plasma, leading to a higher removal rate. The resulting yields of carbon erosion fit into the existing database.

P 21.4 Do 17:30 HS 3

Analyse des Teilchentransportes in die Spalten von kastellierten Wolfram-Strukturen in Abhängigkeit von deren Geometrie — ●MAREN HELLOWIG¹, A. LITNOVSKY¹, D. MATVEEV¹, A. KIRSCHNER¹, O. SCHMITZ¹, S. RICHTER², U. SAMM¹ und DAS TEXTOR TEAM¹ — ¹Institut für Energie- und Klimaforschung - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, Association EURATOM-FZJ, Partner im Trilateralen Euregio Cluster, Jülich, Deutschland — ²GFE, RWTH Aachen, Deutschland

Die Wandstrukturen von Fusionsreaktoren werden sehr hohen Wärmebelastungen ausgesetzt. Daher ist die Wand der Brennkammer und des Divertors in einzelne Zellen, den sogenannten kastellierten Strukturen, unterteilt, um die Bildung von Rissen sowie Wirbelströmen im Wandmaterial zu vermindern. Jedoch können Verunreinigungen und Brennstoffansammlungen in den Spalten der kastellierten Strukturen insbesondere die Lebensdauer des ITER Divertors stark reduzieren, da nur sehr begrenzte Reinigungsmöglichkeiten bestehen.

Daher wurden in Experimenten an TEXTOR gleichzeitig kastellierte Strukturen aus Wolfram mit einer konventionellen und einer optimierten Geometrie im Randschichtplasma exponiert. Mittels Elektronenstrahlmikroanalyse (ESMA) wurde anschließend die Kohlenstoffdeposition entlang poloidaler Spalten gemessen. Dabei konnte eine Verminderung der Deposition im Falle der optimierten Geometrie um einen Faktor von 1,2 - 1,5 festgestellt werden. Die experimentellen Depositionsmuster in den Spalten wurden mit 3D-GAPS Simulationen verglichen, welche sogar einen stärkeren Trend vorhergesagt hatten.

P 21.5 Do 17:45 HS 3

Spektroskopische Messungen von Argon-Verunreinigungen in einem Deuterium-Plasma im linearen Plasmagenerator PSI-2 — ●MICHAEL REINHART, ALBRECHT POSPIESZCZYK, ARKADI KRETER, BERNHARD UNTERBERG und GENNADY SERGIENKO — Institut für Energie- und Klimaforschung - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, Association EURATOM-FZJ, Partner im Trilateralen Euregio Cluster, Jülich, Deutschland

In ITER wird es notwendig sein, den Plasmarand durch zusätzliches Einbringen von (Edel-)Gasen zu kühlen, um die Wärmebelastung des Divertortargets zu minimieren. Auch an linearen Plasmageneratoren werden Experimente zur Belastung von Wandmaterialien durch das Plasma mit entsprechenden Spezieskompositionen durchgeführt. Am PSI-2 wird untersucht, inwieweit die spektroskopischen Daten zur Bestimmung der Helium- und Argonionenflüsse auf ein Target belastbar sind. Die (zum Magnetfeld) senkrechten Teilchenflüsse beeinflussen dabei die Emission aus dem Plasma derart, dass eine Anpassung der theoretischen Anregungsraten von mehr als einer Größenordnung notwendig ist.

Zunächst wurde in einem reinen Argonplasma die Relation der Emission der ArII Linie bei 434,8 nm zur Elektronendichte in Abhängigkeit der Plasmaparameter bestimmt. Es zeigt sich eine lineare Abhängigkeit der Emission von der Entladungsleistung. Anschließend wird mit Hilfe dieser Kalibrierung der Argonanteil in einem Deuteriumplasma mit Argonzusatz anhand der ArII Linie bestimmt.

P 21.6 Do 18:00 HS 3

Laser Induzierte Ablationsspektroskopie (LIAS) zur in-situ Charakterisierung der Wand in Fusionsexperimenten — ●NIELS GIERSE^{1,2}, S. BREZINSEK¹, T.F. GIESEN², A. HUBER¹, A. KIRSCHNER¹, M. LAENGER¹, L. MAROT³, V. PHILIPPS¹, A. POSPIESZCZYK¹, B. SCHWEER¹, M. Z. TOKAR¹, M. ZLOBINSKI¹, DAS TEXTOR-TEAM¹ und U. SAMM¹ — ¹Institut für Energie- und Klimaforschung - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, Association EURATOM-FZJ, Partner im Trilateralen Euregio Cluster, Jülich, Deutschland — ²I. Physikalisches Institut, Universität zu Köln, Deutschland — ³Department Physik, Universität Basel, Schweiz

Für Fusionsexperimente ist die Kenntnis des Zustands der dem Plasma ausgesetzten Wand entscheidend: Dabei geht es insbesondere um die Einlagerung von Tritium in Materialablagerungen. Die Laserinduzierte Ablationsspektroskopie (LIAS) wird als eine in-situ, zeit- und ortsauflösende Diagnostik im Labor sowie im Jülicher Tokamak TEXTOR untersucht.

Mittels eines Laserpulses im stabilen Ablationsregime um $F \sim 8 \text{ J/cm}^2$ wurden Teilchen von Graphitmaterial sowie W/C/Al/D₂-Schichten aus der Wand in das Randschichtplasma von TEXTOR freigesetzt. Anhand der spektroskopischen Signale ist eine Identifizierung der freigesetzten Spezies möglich. Durch Absolutkalibration der verwendeten Spektroskopie können beobachtete Photonen in injizierte Atome umgerechnet werden. Mögliche Störungen der Plasmarandschicht durch starke Teilchenflüsse und die Auswirkung auf LIAS werden betrachtet.

P 21.7 Do 18:15 HS 3

Nitrogen-Deuterium Bombardment of Tungsten and Analysis with XPS — ●GERD MEISL, KLAUS SCHMID, and CHRISTIAN LINSMEIER — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM-Assoziation, Boltzmannstr. 2, 85748 Garching, Deutschland

One of the critical problems in fusion experiments is the power load on the divertor. To limit this load it is desirable to increase the radiated power by puffing impurities into the plasma. Nitrogen has been established as standard gas to control the divertor heat load at ASDEX Upgrade. However, formation, stability, and erosion of tungsten nitride layers formed by the implantation of nitrogen from the plasma into the tungsten walls are still poorly understood. An improved understanding of these processes is required to predict the migration of nitrogen in a fusion device. We therefore started comprehensive studies, including small laboratory experiments, tokamaks and computer simulations to gather and combine additional information. To measure the N accumulation and re-erosion experiments in a XPS system were performed, allowing to follow the surface composition evolution while bombarding the W surface with N or D from ion guns. A comparison

with Tridyn simulations of nitrogen implantation at low temperatures showed reasonable agreement. Erosion of tungsten nitride with deuterium ions matches Tridyn simulations if the surface binding energy of nitrogen is set to zero. Furthermore it was found that the nitrogen content is more sensitive to the temperature during implantation than during consecutive heating.

Fachvortrag P 21.8 Do 18:30 HS 3
Correlation of the Deuterium Retention and Defect Densities in Tungsten — ●ARMIN MANHARD, KLAUS SCHMID, MARTIN BALDEN, STEFAN LINDIG, and WOLFGANG JACOB — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Boltzmannstr. 2, 85748 Garching

Tungsten is a promising candidate plasma-facing material for future fusion devices. One major advantage of tungsten is its generally low retention for hydrogen isotopes. However, due to the comparatively high diffusivity of hydrogen isotopes in metals, hydrogen isotopes can reach the whole volume of a tungsten plasma-facing component. This may lead to a considerable total amount of hydrogen isotopes retained in the plasma-facing walls. A thorough understanding of hydrogen isotope retention in tungsten is therefore necessary. This presentation will show a broad survey where tungsten samples from the same base material were subjected to different heat treatments in order to achieve different defect densities. The defect densities were then quantified by scanning and transmission electron microscopy. After deuterium plasma exposure under a wide variety of different conditions the deuterium inventory in the samples was determined by nuclear reaction analysis (NRA) and thermal desorption spectroscopy (TDS). It will be shown that there is a strong correlation of the deuterium retention with the initial dislocation density, whereas the density of grain boundaries appears to play only a minor role. Furthermore, the initial microstructure has a strong impact on the formation of deuterium gas-filled blisters near the irradiated surface.

P 22: Niedertemperaturplasmen II

Zeit: Freitag 9:45–11:40

Raum: HS 2

Hauptvortrag P 22.1 Fr 9:45 HS 2
Physical processes in the afterglow of pulsed low-pressure discharges in argon — ●TSANKO V. TSANKOV¹, YUSUF CELIK¹, DIRK LUGGENHÖLSCHER¹, UWE CZARNETZKI¹, MITSUTOSHI ARAMAKI², and SHINJI YOSHIMURA³ — ¹Institute for Plasma and Atomic Physics, Ruhr-University Bochum, 44780 Germany — ²Department of Electrical Engineering and Computer Science, Nagoya University, 464-8603, Japan — ³National Institute for Fusion Science, Toki 509-5292, Japan

In this talk a description of the key processes in argon low-pressure afterglows will be presented which forms a unified picture of the afterglow physics [1]. The leading process is the effective electron energy loss through evaporative cooling, i.e. escape of only the most energetic electrons to the walls. On the same time scale quenching of the metastable atoms occurs. At later times the evaporative cooling is adiabatically balanced by Coulomb collisions with the ions. The established low electron temperature enhances the three-body recombination process which leads to population of Rydberg atomic levels. Through de-excitation collisions with electrons and radiative transitions electrons in Rydberg states decay to lower states and eventually end up in the metastable states. In consequence, metastable atoms are initially almost totally lost due to quenching and are recreated later by recombination. Finally, they are lost again by diffusion and energy pooling collisions. Results from measurements, analytical models and numerical simulations will be presented and compared.

[1] Y. Celik, Ts. V. Tsankov, M. Aramaki, S. Yoshimura, D. Luggenhölscher, U. Czarnetzki, *Phys. Rev. E* **85**, (2012) 046407; *ibid.* 056401

P 22.2 Fr 10:15 HS 2
Determination of plasma densities in noble gas discharges by THz Time Domain Spectroscopy — ●STEFFEN MARIUS MEIER, TSANKO VASKOV TSANKOV, DIRK LUGGENHÖLSCHER, and UWE CZARNETZKI — Institute for Atomic and Plasma Physics, Ruhr-University Bochum, Germany

Terahertz Time Domain Spectroscopy (THz TDS) is a spectroscopic method which is widely used in many scientific fields. It combines the

advantages of short pico-second electromagnetic pulses and a broad spectrum in the THz range. In plasma physics these properties allow determining the complex dispersion function of a plasma as well as the plasma density and the collision frequency.

Using this diagnostic method the plasma densities of discharges in noble gases (He, Ne, Ar, Kr, Xe) are measured as a function of the power in a magnetic multi-pole ICP discharge [1,2]. Densities as high as 10^{14} cm^{-3} are obtained at a filling gas pressure of 20 Pa. An analytical model is developed to explain the obtained non-linear power-density variation. The satisfactory agreement between model and measurements indicates that neutral gas depletion effects due to high gas temperatures and non-negligible electron pressure become important.

[1] Maurmann, S.; Drepper, P.; Ferri, S.; Petershagen, N., *A magnetic multipole plasma source for the investigation of electron-atom collision processes*, *Contrib. Plasma Phys.* **40**, (2000), 152–157

[2] Babkina, T. M., *Generation of hyperthermal atoms through surface neutralisation*, PhD Thesis, Ruhr-Universität Bochum (2006)

P 22.3 Fr 10:30 HS 2
High density helicon plasma cell for plasma wakefield accelerators — ●BIRGER BUTTENSCHÖN^{1,2}, PHILIPP KEMPKE^{1,3}, OLAF GRULKE¹, and THOMAS KLINGER^{1,3} — ¹MPI for Plasma Physics, EURATOM Association, Wendelsteinstr. 1, 17491 Greifswald, Germany — ²MPI for Physics, Föhringer Ring 6, 80805 Munich, Germany — ³Institute for Physics, Ernst-Moritz-Arndt-University Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 6, 17489 Greifswald, Germany

The proton-driven plasma wakefield accelerator (PDPWA) is a promising concept for future electron accelerators with beam energies in the TeV range. Simulations show that a plasma density on the order of 10^{21} m^{-3} with high axial homogeneity over a length of a few hundred metres is necessary to reach the envisaged electron energies. In contrast to the commonly used laser plasma generation, a helicon (low-frequency whistler) wave heated plasma provides scalability to the required length without suffering from interaction of the relativistic proton beam with any electrode material. Furthermore, helicon waves

have no intrinsic cut-off density, which makes them an ideal choice for creating plasmas with very high densities. In this contribution, we present a helicon plasma cell currently being developed as a prototype of a PDPWA plasma cell. First measurements characterizing the discharge structure – where the helicon wave field structure and the axial plasma density distribution are key parameters – are presented along with the general scaling behaviour of the plasma density with respect to applied rf power.

P 22.4 Fr 10:45 HS 2

Lebensdauer von elektrischen Ladungen auf BSO in Barrierenentladungen — ●ROBERT WILD¹, JOHANNES BENDUHN² und LARS STOLLENWERK¹ — ¹Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald — ²Institut für Angewandte Photophysik, Technische Universität Dresden

Während des Betriebes einer Barrierenentladung werden infolge der elektrischen Ströme permanent Ladungsträger auf den dielektrischen Oberflächen deponiert. Das elektrische Feld solcher *Oberflächenladungen* beeinflusst das Verhalten der Entladung maßgeblich. Abhängig von deren Polarität wird das äußere elektrische Feld dadurch entweder abgeschwächt oder verstärkt.

In diesem Beitrag werden Untersuchungen zur Lebensdauer von Oberflächenladungen nach dem Abschalten der äußeren Spannung auf einer dielektrischen BSO-Oberfläche vorgestellt und diskutiert. Es wird gezeigt, dass die Ladungen in zwei Schritten mit unterschiedlichen Zeitskalen abgebaut werden. Eine Interpretation mit zwei superponierenden Exponentialfunktionen setzt die Anlagerung von Ladungsträgern in unterschiedlichen Bindungszuständen voraus. Dabei erfolgt der langsamere Ladungsabbau durch eine messungsinduzierte Photoleitfähigkeit im BSO-Kristall. Für den schnellen Ladungsabbau wird eine kristallinterne und *E*-feldabhängige Bandverbiegung in Betracht gezogen, die den Abbau von Ladungsträgern ermöglicht. Das Modell wird durch experimentelle Messungen gestützt.

Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft, Sonderforschungsbereich SFB TRR-24, Teilprojekt B14.

P 22.5 Fr 11:00 HS 2

Operation modes in barrier discharges: discharge development and surface charge accumulation — ●MARC BOGACZYK and HANS-ERICH WAGNER — Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt Universität, Felix-Hausdorffstr. 6, 17489 Greifswald

A new discharge cell configuration was developed which allows the joint investigation of important volume and surface processes of the barrier discharge (BD) operation. In particular, the spatio-temporal

and spectrally resolved discharge emission in the volume was studied together with the temporally resolved formation of surface charges on a dielectric BSO crystal. This was possible by the application of the cross-correlation spectroscopy (CCS) and the electro-optic Pockels effect for surface charge measurement, respectively. Surface charges play an important role for the re-ignition of BDs. In pure nitrogen and helium, the diffuse Townsend-like discharge mode was studied. In addition, in helium the glow-like mode could be induced by varying the feeding voltage signal. Small admixtures of nitrogen to helium resulted in the the filamentary discharge operation. Under these conditions, the importance of the so-called memory effect has been verified.

The lateral extent of the discharge spots in the filamentary mode can be approximated by Gaussian profiles for both polarities. The deposited surface charges are in good agreement with the transferred charge of subsequent discharge breakdowns [1].

Supported by “Deutsche Forschungsgemeinschaft, Sonderforschungsbereich SFB TR24”.

[1] J. Phys. D: Appl. Phys. 45 (2012) 465202

Fachvortrag

P 22.6 Fr 11:15 HS 2

Spatio-temporally resolved $N_2(A^3\Sigma_u^+)$ metastable densities in nitrogen barrier discharges — ●SEBASTIAN NEMSCHOKMICHAL and JÜRGEN MEICHSNER — Institute of Physics, University of Greifswald

Atmospheric pressure barrier discharges can operate in two discharge modes, the filamentary and the diffuse discharge mode. The transition between these modes depends, e.g., on the feeding gas, the dielectrics, and the discharge voltage. In a barrier discharge in pure nitrogen, driven by a sinusoidal applied voltage, the diffuse mode develops. Adding only 500 ppm oxygen, a transition to the filamentary mode can be observed due to the strong quenching of the $N_2(A^3\Sigma_u^+)$ metastables by oxygen molecules. Hence, the metastable molecules are essential for the diffuse mode development, either because of Penning-ionization in the volume or exoemission of electrons at the (charged) dielectrics. To clarify their specific role in these processes, the density of the nitrogen $A^3\Sigma_u^+, v = 0$ metastables was measured by laser induced fluorescence spectroscopy in a discharge gap of 1 mm at a pressure of 500 mbar. The densities are in the order of magnitude of 10^{13} cm^{-3} . The time resolved measurement after one single microdischarge shows a delay of the metastables population with respect to the microdischarge pulse. In the diffuse mode, the axial density profiles show a maximum shifted to the respective anode. This corresponds to the larger electron density at the anode typical for the Townsend-like discharge mode. Nevertheless, the metastables density does not increase exponentially toward the anode as the electron density.

P 23: Theorie und Modellierung von Niedertemperaturplasmen II

Zeit: Freitag 9:45–12:10

Raum: HS 3

P 23.1 Fr 9:45 HS 3

Green function of electric field in a three-layered plasma structure — ●ALI ARSHADI, RALF PETER BRINKMANN, and THOMAS MUSSENBRÖCK — Theoretical Electrical Engineering, Ruhr University Bochum, D-44780 Bochum

Reactive plasmas are widely used for materials processing, especially in etching and deposition applications. The electron density is an important parameter for the understanding of plasma sources and plasma processing. Of the many available Plasma diagnostics techniques, only few are suitable for an industrial and commercial setting. Typical methods to measure the electron density are the Langmuir probe and the microwave interferometer. As is well known, the Langmuir probe has certain problems in processing plasmas and radio frequency plasma sources.

In this contribution we study the radiation of an electric dipole in a three-layered structure (dielectric, sheath and bulk plasma) as the simplest microwave (but still complicated to analyse) probe and as the fundamental part of a real microwave probe. In fact the electromagnetic field of a dipole can be considered as the Green function of a real system.

We compute this Green function in the form of an integral whose integrand oscillates very fast and as a result some special mathematical techniques have to be applied in order to obtain the electromagnetic fields of dipole in a layered system of plasma.

P 23.2 Fr 10:00 HS 3

Analyse der Ausbreitung von Mikrowellen in einem Plasma — ●DANIEL SZEREMLEY, RALF PETER BRINKMANN und THOMAS MUSSENBRÖCK — Lehrstuhl Theoretische Elektrotechnik Ruhr-Universität Bochum

Auf Grund ihrer besonderen Eigenschaften sind Mikrowellenentladungen ein wichtiges Werkzeug für die Beschichtungstechnik. Insbesondere die Möglichkeit, durch eine zusätzliche Bias-Spannung Ionen Energieverteilungsfunktionen vor Substraten über einen großen Bereich nahezu frei einstellen zu können, macht diese Entladungen zu leistungsstarken Werkzeugen zur Abscheidung nanostrukturierter Funktionsschichten. Eine weitreichende Analyse der Moden und Ausbreitungseigenschaften elektromagnetischer Wellen in einem Plasma entlang einer Antenne ist von besonderem Interesse. Diese Informationen sind notwendig, um einen Plasmareaktor den Ansprüchen der jeweiligen Anwendung optimal anpassen zu können. In diesem Beitrag werden numerische Simulationsergebnisse einer Mikrowellenentladung in einem Plasma präsentiert, die mittels eines selbstkonsistenten Hybrid-Codes berechnet wurde. Im Mittelpunkt steht dabei die Charakterisierung der Entladung und der sich ausbreitenden Oberflächenwellen entlang der Antenne.

Die Autoren danken der Förderung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft im Rahmen des SFB-TR 87

P 23.3 Fr 10:15 HS 3

Untersuchungen zur Homogenität eines negativen Wasserstoff-Ionenstrahls in großflächigen Ionenquellen — ●BENJAMIN RUF, PETER FRANZEN, URSEL FANTZ und NNBI-TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, 85748 Garching, EURATOM Association

In der Ionenquelle für die ITER-Neutralteilcheninjektion werden negative Wasserstoff- oder Deuteriumionen an dem cäsiumbeschichteten Plasmagitter erzeugt, dann extrahiert und in einem Gittersystem auf bis zu 1 MeV beschleunigt. Für die Homogenität der extrahierten Stromdichte negativer Ionen direkt an den Extraktionsaperturen wird von ITER ein Wert von über 90% gefordert. Eine direkte Messung dieser Homogenität ist jedoch wegen der Unzugänglichkeit mit Diagnostiken nicht möglich. Sie ist aber Voraussetzung für einen homogenen Ionenstrahl und damit auch für geringe Transmissionsverluste.

Die Modellierung des Ionenstrahls und der Beamdiagnostiken an den Testständen des MPI für Plasmaphysik mit dem neu entwickelten Code BBC-NI (Bavarian Beam Code for Negative Ions) soll Rückschlüsse auf die Homogenität der extrahierten Ionenstromdichte liefern, um so Betriebsszenarien aufzuzeigen, bei denen die Erzeugung eines ITER relevanten Ionenstrahls möglich ist. Für einen Benchmark des Codes mit Messungen an der Ionenquelle, dessen Ergebnisse vorgestellt werden, stehen als Diagnostiken Strom- und kalorimetrische Messungen, sowie die Beam-Emissionsspektroskopie (BES), zur Verfügung. Als erstes Resultat zeigt sich, dass die Illumination der einzelnen Gitteraperturen mit negativen Ionen nicht als homogen angenommen werden darf.

P 23.4 Fr 10:30 HS 3

Kinetische Simulationen kapazitiv gekoppelter Mehrfrequenz-Sputterquellen — ●DENIS EREMIN, TORBEN HEMKE, RALF PETER BRINKMANN und THOMAS MUSSENBRÖCK — Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, Ruhr-Universität Bochum

Es wurde gezeigt, dass kapazitive Multifrequenzentladungen zur Abscheidung nanostrukturierter Funktionsschichten genutzt werden können. Die Hochskalierung der Entladung hinsichtlich Größe, Frequenz und Leistung, sowie das Erreichen einer Sputterausbeute vergleichbar mit der von Magnetron-Sputterquellen wirft allerdings Fragen auf, die mit derzeit verfügbaren Plasmamodellen nicht geklärt werden können. Von besonderer Bedeutung sind elektromagnetische Effekte, die unerwünschte Inhomogenitäten verursachen und damit die Sputter- und Beschichtungsprozesse erheblich beeinträchtigen. In diesem Beitrag wird ein Modell vorgestellt, dass in der Lage ist, die komplexe Dynamik großer kapazitiver Mehrfrequenzplasmen zu beschreiben. Der entsprechende Simulationscode, der für Graphics Processing Units entwickelt wurde, basiert auf der Particle-In-Cell-Methode mit Monte-Carlo-Stößen, wobei elektromagnetische Effekte im Rahmen der Darwin-Approximation berücksichtigt werden. (Die Arbeit wird gefördert durch die DFG im Rahmen des Sonderforschungsbereichs TRR87.)

P 23.5 Fr 10:45 HS 3

Theoretische Basis von Plasma- und Schichtmodellierung in optischen Beschichtungsprozessen — ●BENJAMIN SCHRÖDER¹, RALF PETER BRINKMANN¹, MARCUS TUROWSKI², THOMAS FRAUENHEIM³, THOMAS KÖHLER³, MARC LANDMANN⁴, JENS HARHAUSEN⁵, RÜDIGER FOEST⁵, ANDREAS OHL⁵, NORBERT KAISER⁶, OLAF STENZEL⁶ und STEFFEN WILBRANDT⁶ — ¹Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, Ruhr-Universität Bochum — ²LZH, Hannover — ³BCCMS, Universität Bremen — ⁴Nachwuchsforscherguppe "Computational Materials Science", Universität Paderborn — ⁵INP Greifswald e.V. — ⁶IOF, Jena

Die Modellierung von optischen Beschichtungsprozessen mit den Techniken Plasma Ion Assisted Deposition (PIAD) und Ion Beam Sputtering (IBS) wurde im Rahmen des BMBF-geförderten Projekts "PluTO" untersucht. In diesen Prozessen sind nicht nur dissoziierte Beschichtungs-dämpfe und Prozessgase von Bedeutung, sondern auch Plasmen, die entweder zwangsläufig erzeugt werden (IBS-Prozesse) oder gezielt zur Schichtverbesserung genutzt werden (PIAD-Prozesse). Es soll dargestellt werden, welche Möglichkeiten und Techniken zur Modellierung des Plasmas und Schichtwachstums in optischen Beschichtungsprozessen in Entwicklung und Einsatz sind, wobei insbesondere auf die Plasma-Modellierung von PIAD-Prozessen eingegangen wird.

Fachvortrag

P 23.6 Fr 11:00 HS 3

PIConGPU - A Highly-Scalable Particle-in-Cell Implementation for GPU Clusters — ●MICHAEL BUSSMANN¹, HEIKO BURAU¹, ALEXANDER DEBUS¹, AXEL HÜBL¹, THOMAS KLUGE¹, RICHARD PAUSCH¹, NILS SCHMEISSER¹, BENJAMIN SCHNEIDER^{1,2}, KLAUS STEINIGER¹, RENE WIDERA¹, NIKOLAI WYDERKA¹, ULRICH SCHRAMM¹, THOMAS COWAN¹, FELIX SCHMITT³, SEBASTIAN GROTTTEL², STEFAN GUMHOLD², GUIDO JUCKELAND^{2,4}, and WOLFGANG NÄGEL^{2,4} — ¹HZDR, Dresden — ²TU Dresden — ³NVIDIA, Austin — ⁴ZIH, Dresden

PIConGPU can handle large-scale simulations of laser plasma and astrophysical plasma dynamics on GPU clusters with thousands of GPUs. High data throughput allows to conduct large parameter surveys but makes it necessary to rethink data analysis and look for new ways of analyzing large simulation data sets. The speedup seen on GPUs enables scientists to add physical effects to their code that up until recently have been too computationally demanding. We present recent results obtained with PIConGPU, discuss scaling behaviour, the most important building blocks of the code and new physics modules recently added. In addition we give an outlook on data analysis, resilience and load balancing with PIConGPU.

P 23.7 Fr 11:25 HS 3

Wiedergabe von Wellenmoden in Particle in Cell Codes — ●PATRICK KILIAN¹, URS GANSE², ANDREAS KEMPF¹, CEDRIC SCHREINER¹, STEFAN SIEGEL¹ und FELIX SPANIER¹ — ¹Institut für theoretische Physik und Astrophysik, Universität Würzburg, Deutschland — ²Fysiikan Laitos, Helsingin Yliopisto, Finnland

Kinetische Simulationen mit Particle in Cell Codes erfordern neben der korrekten Wiedergabe der Teilchendynamik eine numerische Lösung der Maxwell-Gleichungen.

Aufgrund der räumlichen Diskretisierung des Simulationsraumes bietet sich eine Approximation über finite Differenzen in Zeit und Raum (FDTD) an. Geschickte Wahl des numerischen Ableitungsoperator erlaubt längere Zeitschritte und erzeugt bessere Isotropie der Wellenausbreitung und Energieerhaltung.

Zusätzlich zur Wellenausbreitung benötigt ein PiC Code die von den Teilchen erzeugten Ströme als Quellterme in den Maxwell-Gleichungen. Unterschiedliche Formfaktoren sowie Filterung der Ströme erzeugen unterschiedliche spektrale Energieverteilungen, die sich mit analytischen Lösungen der Vlasov-Gleichung vergleichen lassen.

P 23.8 Fr 11:40 HS 3

Yee-Gitter in (semi-) impliziten Particle-in-cell Codes — ●ANDREAS KEMPF¹, URS GANSE², PATRICK KILIAN¹ und FELIX SPANIER¹ — ¹Lehrstuhl für Astronomie, Universität Würzburg — ²Fysiikan Laitos, Helsingin Yliopisto

Implizite Methoden erlauben es, Particle-in-Cell Simulationen auf größeren Raum- und Zeitskalen durchzuführen. Um unphysikalische Effekte durch eine nichtverschwindende Divergenz des Magnetfeldes zu unterdrücken, wurde ein bestehender, impliziter Algorithmus [Petrov und Davis, 2011] modifiziert und ein staggered mesh eingeführt. Gegenüber dem ursprünglichen Schema konnte somit die Divergenz um mehrere Größenordnungen verringert werden. Die sonstigen Eigenschaften des Algorithmus bleiben erhalten.

P 23.9 Fr 11:55 HS 3

Teilchenbeschleunigung an CME-getriebenen Schockfronten — ●PATRICK KILIAN¹, RAMI VAINIO², URS GANSE² und FELIX SPANIER¹ — ¹Institut für theoretische Physik und Astrophysik, Universität Würzburg, Deutschland — ²Fysiikan Laitos, Helsingin Yliopisto, Finnland

Durch Rekonfiguration solarer Magnetfelder können große Mengen von Plasma ins umgebende Weltall geschleudert werden. Diese koronalen Masseauswürfe (CMEs) sind mit etwa 1000 km/s schneller als der Sonnenwind und treiben daher eine Schockfront vor sich her. An dieser Schockfront können Teilchen beschleunigt werden. Die Schockfronten sind quasi kollisionsfrei und damit der Modellierung mit kinetischen Simulationen zugänglich. Die deutlich unterschiedlichen Größen von Alfvén-, Schock- und Lichtgeschwindigkeit bergen Herausforderung bei der numerischen Modellierung. Mit massiv parallelen Simulationen und geschicktem Sampling des Phasenraums wurden erste Elektronenspektren bei realistischen Parametern berechnet.