

Fachverband Plasmaphysik (P)

Sibylle Günter
 Max-Planck-Institut für Plasmaphysik
 Boltzmannstr. 2
 85748 Garching
 Sibylle.Guenter@ipp.mpg.de

Übersicht der Hauptvorträge und Fachsitzungen

(Hauptvorträge: 2G, Fachsitzungen: 2D, 2E, 2G und 3E; Poster: C2 und C3)

Hauptvorträge

P 1.1	Di	14:00–14:30	2G	Antimikrobielle Behandlung von Medizinprodukten mit Atmosphärendruckplasmen — ●RONNY BRANDENBURG
P 2.1	Di	14:30–15:00	2G	Einsatz von Mikroplasmen in der Oberflächentechnik — ●CLAUS-PETER KLAGES
P 5.1	Di	16:30–17:00	2G	Eigenschaften stark gekoppelter Partikelwolken — ●D. BLOCK, M. KROLL, A. PIEL, S. KÄDING, A. MELZER, M. BONITZ
P 10.1	Do	11:00–11:30	2G	Diagnostik für W7-X und ITER: Herausforderungen und Entwicklungen — ●WOLFGANG BIEL
P 11.1	Do	11:30–12:00	2G	Operationsgrenzen von Stellaratoren - Chancen für eine attraktive Fusionsenergiequelle? - — ●ARTHUR WELLER
P 13.1	Do	14:00–14:30	2G	Spektroskopische Diagnostik filamentierter Mikroplasmen — ●HANS-ERICH WAGNER, KIRILL VADIMOVICH KOZLOV, RONNY BRANDENBURG, TOMAS HODER
P 17.1	Fr	11:00–11:30	2G	Plasma-Abscheidung elastischer und biokompatibler Verschleißschichten auf Nickel-Titan-Formgedächtnislegierungen — ●JANINE-CHRISTINA SCHAUER, JÖRG WINTER
P 18.1	Fr	11:30–12:00	2G	Wolfram als Wandmaterial im Fusionsreaktor ? Plasma-Wand Experimente im Tokamak ASDEX Upgrade — ●ARNE KALLENBACH

Fachsitzungen

P 1.1–1.1	Di	14:00–14:30	2G	Hauptvortrag
P 2.1–2.1	Di	14:30–15:00	2G	Hauptvortrag
P 3.1–3.4	Di	15:00–16:00	2E	Plasma-Wand-Wechselwirkung I
P 4.1–4.4	Di	15:00–16:00	2G	Magnetischer Einschluss I
P 5.1–5.1	Di	16:30–17:00	2G	Hauptvortrag
P 6.1–6.8	Di	17:00–19:00	2G	Niedertemperaturplasmen, Plasmatechnologie I
P 7.1–7.7	Di	17:00–18:55	2E	Magnetischer Einschluss II
P 8.1–8.8	Do	8:30–10:30	2E	Staubige Plasmen/Plasma-Wand-Wechselwirkung II
P 9.1–9.6	Do	8:30–10:10	2D	Diagnostische Methoden
P 10.1–10.1	Do	11:00–11:30	2G	Hauptvortrag
P 11.1–11.1	Do	11:30–12:00	2G	Hauptvortrag
P 12.1–12.1	Do	12:00–12:25	2G	Dichte Plasmen
P 13.1–13.1	Do	14:00–14:30	2G	Hauptvortrag
P 14.1–14.6	Do	14:30–16:00	2E	Grundlegende Probleme, Theorie / Sonstiges
P 15.1–15.6	Do	14:30–16:00	2G	Niedertemperaturplasmen, Plasmatechnologie II
P 16.1–16.9	Do	16:30–19:00	3D	Schwerionen- und lasererzeugte Plasmen I
P 17.1–17.1	Fr	11:00–11:30	2G	Hauptvortrag
P 18.1–18.1	Fr	11:30–12:00	2G	Hauptvortrag
P 19.1–19.4	Fr	12:00–13:00	2E	Plasma-Wand-Wechselwirkung III
P 20.1–20.4	Fr	12:00–13:00	2G	Schwerionen- und lasererzeugte Plasmen II / Sonstiges
P I.1–I.20	Di	8:30–10:30	Poster C3	Poster: Staubige Plasmen, Dichte Plasmen
P II.1–II.28	Di	11:00–13:00	Poster C3	Poster: Niedertemperaturplasmen, Plasmatechnologie

P III.1–III.31	Di	11:00–13:00	Poster C3	Poster: Diagnostik, Theorie, Schwerionen- und lasererzeugte Plasmen, Sonstiges
P IV.1–IV.27	Do	16:00–18:30	Poster C2	Poster: Niedertemperaturplasmen II, Astrophysikalische Plasmen, Magnetischer Einschluss, Plasma-Wand-Wechselwirkung

Mitgliederversammlung des Fachverbandes Plasmaphysik

Donnerstag 12:30–13:00 2G

- Bericht
- Wahl
- Verschiedenes

P 1: Hauptvortrag

Zeit: Dienstag 14:00–14:30

Raum: 2G

Hauptvortrag P 1.1 Di 14:00 2G
Antimikrobielle Behandlung von Medizinprodukten mit Atmosphärendruckplasmen — ●RONNY BRANDENBURG — INP Greifswald e.V. (Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie)

Die aktuellen Entwicklungen in der Medizintechnik lassen die Lücke zwischen dem Spektrum steril anzuwendender Produkte und den effektiven Möglichkeiten zu deren schonender Aufbereitung immer größer werden. In nicht-thermische Plasmaverfahren werden daher disbezüglich hohe Erwartungen gesetzt. Ihr Einsatzpotential für die biologische Dekontamination von wärmeempfindlichen Materialien ist bereits in einer Reihe von Arbeiten nachgewiesen worden, aber die

Überführung der Forschungsergebnisse in kommerzielle Verfahren stellt nach wie vor eine große wissenschaftlich-technische Herausforderung dar.

Neben einer Übersicht zum aktuellen Stand der Forschung und Entwicklung sollen im Vortrag erste Erfahrungen zur antimikrobiellen Behandlung an ausgewählten Medizinprodukten (z.B. Katheter für intrakardiale Diagnostik) mit RF-getriebenen Argon-Plasmajets bei Atmosphärendruck dargestellt werden. Die Arbeiten wurden durchgeführt im Rahmen des Verbundprojektes "Plasmose", gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (FKZ 13N8666). Besonderer Dank gilt an A. Becker und Ch. Lösche (Vanguard AG Berlin) für wertvolle Hinweise und Diskussionen.

P 2: Hauptvortrag

Zeit: Dienstag 14:30–15:00

Raum: 2G

Hauptvortrag P 2.1 Di 14:30 2G
Einsatz von Mikroplasmen in der Oberflächentechnik — ●CLAUS-PETER KLAGES — Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik, 38108 Braunschweig, Deutschland

Es wird gezeigt, wie kalte Mikroplasmen in Hohlräumen, die teilweise oder ganz von Dielektrika umgeben sind, genutzt werden können, um Oberflächen bei Atmosphärendruck zu modifizieren oder zu beschichten.

Die Einwirkung von Mikroplasmen auf innere Oberflächen mikrofluidischer Komponenten stellt eine neue Anwendungsmöglichkeit von Plasmen dar, die es erlaubt, physikalisch-chemische Oberflächeneigenschaften zu erzielen, die rein chemisch oder mit Nieder-

druckplasmen nicht zu erreichen sind. Beispiele sind hydrophobe oder hydrophile Schichten sowie Oberflächen mit chemisch reaktiven Ankergruppen für Biomoleküle oder mit definierten Ladungszuständen. Mit geeignet gewählten Elektrodenanordnungen lässt sich die Entladung auch auf bestimmte Abschnitte eines mikrofluidischen Kanals lokalisieren. Andere Anwendungen von Mikroplasmen lassen sich mit dem Begriff "plasma printing" umschreiben. Dabei wird der Hohlraum temporär aus einer Art "Plasmastempel" und einem Substrat gebildet, das lokal in seinen Oberflächeneigenschaften verändert werden soll. Aktuelle FuE-Arbeiten zielen in erster Linie auf Anwendungen, bei denen Polymeroberflächen lokal metallisiert oder mit chemisch reaktiven Ankergruppen für die Bindung von Biomolekülen oder die Durchführung kombinatorischer chemischer Synthesen versehen werden sollen.

P 3: Plasma-Wand-Wechselwirkung I

Zeit: Dienstag 15:00–16:00

Raum: 2E

P 3.1 Di 15:00 2E
Scavenger-Effekt: Lösung des T-Co-Depositionsproblems? — ●ADAM CWIKLINSKI¹, MANDY BAUDACH², ANDREY MARKIN³, WERNER BOHMEYER² und GERD FUSSMANN² — ¹Institut für Physik der Freien Universität Berlin — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, Greifswald — ³Institute for Physical Chemistry of Russian Academy, Moscow, Russ.Fed.

Die Verwendung von CFC-Materialien in der Divertorregion von zukünftigen Fusionsanlagen (ITER) führt zur Problematik der Deposition von tritiumhaltigen amorphen Kohlenwasserstoffschichten u.a. in der Divertorregion und den Abpumpleitungen. Das Verhindern der Ablagerungen ist bisher ungelöst. In diesem Zusammenhang wurden Scavenger-Techniken [1] unter Verwendung von N₂ vorgeschlagen. Die Existenz des Scavenger-Effekts, d.h. das Umwandeln haftender Kohlenwasserstoffspezies zu nichthaftenden durch Volumenreaktionen unter Beimischung von Stickstoff konnte im Plasmen bisher nicht eindeutig nachgewiesen werden.

An der linearen Anlage PSI-II wurde der Scavenger-Effekt an stationären Wasserstoffplasmen untersucht, die wenige Prozent Kohlenwasserstoffe enthielten. Durch Depositionsexperimente mit und ohne Plasmaeinfluss konnte der durch Stickstoffeinlass verursachte Scavenger-Effekt und die damit einhergehende Reduktion der Depositionsrate gezeigt werden. Im vorliegenden Beitrag sollen die Ergebnisse präsentiert und deren Relevanz und Übertragbarkeit auf den Einsatz in zukünftigen Fusionsanlagen diskutiert werden.

[1]F.L.Tabares et al., Plasma Phys.Control.Fusion, 44 (2002), p.L37

P 3.2 Di 15:15 2E
Einfluss toroidaler Magnetfelder auf Glimmentladungen — ●C. SCHULZ, A. KRETER, V. PHILIPPS, A. LITNOVSKY und U. SAMM — Institut für Energieforschung - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich, Assoziation EURATOM-FZJ, Trilaterales Euregio Cluster

Die Kodeposition von Kohlenstoff und Wasserstoffisotopen in Form amorpher Schichten auf der Gefäßwand stellt für den geplanten Experimentalreaktor ITER unter Sicherheitsaspekten ein Problem aufgrund der Akkumulation von Tritium dar. Deshalb ist die Entwicklung effektiver Methoden zur Entfernung dieser Schichten bzw. zur Freisetzung des gebundenen Wasserstoffes erforderlich. Eine bewährte Wandbehandlungsprozedur ist die Glimmentladung in reaktiven Gasen, die üblicherweise unter Abwesenheit von Magnetfeldern durchgeführt wird. Im Gegensatz zu bisherigen Anlagen wird in ITER jedoch aufgrund von eingebrachten ferromagnetischen Komponenten auch bei abgeschaltetem Hauptmagnetfeld eine nicht zu vernachlässigende Restmagnetisierung im mT-Bereich vorhanden sein. Für das Studium der durch Magnetfelder zu erwartenden Beeinträchtigung von Glimmentladungen wird die Experimentieranordnung TOMAS genutzt, die ein toroidales Magnetfeld bis zu 120 mT erzeugen kann. Mittels visueller Beobachtung, der Messung von Entladungsströmen sowie von Abtragungsraten amorpher Kohlenstoffschichten werden Effizienz und Homogenität von Glimmentladungen bei unterschiedlichen Magnetfeldstärken untersucht. Dabei ist u.a. eine deutliche Verkleinerung des Entladungsgebietes im Bereich oberhalb von ca. 10 mT zu beobachten. Die entsprechenden Ergebnisse werden in diesem Beitrag vorgestellt.

P 3.3 Di 15:30 2E
Eine kontinuierlich arbeitende Sonde zur Messung des Energieeinstromes bei plasmatechnologischen Prozessen — ●RUBEN WIESE¹, HOLGER KERSTEN² und STEPHAN BRIEG³ — ¹Institut für Plasmaphysik und Technologie, Greifswald — ²Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Universität Kiel — ³Fachhochschule Stralsund

Fast alle plasmatechnologischen Anwendungen basieren auf der Plasma-Wand-Wechselwirkung, die u.a. mit kalorimetrischen Thermosonden zur Messung des Energieeintrages aus dem Plasma charakteri-

siert werden kann. Bekannt sind passive Sonden, die auf dem Prinzip basieren, den Temperaturverlauf beim Aufheiz- und Abkühlvorgang aufzunehmen und daraus den Energieeintrag zu berechnen, oder aktive, bei denen der Energieeintrag durch Messung eines Temperaturgefälles bestimmt wird. Die Temperatur dieser Sonden ist nicht frei wählbar und eine Kalibrierung vor dem Messvorgang notwendig.

Eine nach einem anderen Prinzip kontinuierlich arbeitende Sonde wird vorgestellt, bei der keine Kalibrierung notwendig ist und bei der Umgebungseinflüsse sowie die Wärmeableitung durch die Halterung der Sonde kompensiert werden. Die bei Beschichtung sich ändernde Wärmekapazität der Sonde ist ebenfalls ohne Einfluss auf den Messwert. Die Sonde wird mittels einer geregelten elektrischen Heizung auf eine vorgegebene Arbeitstemperatur gebracht und die zur Aufrechterhaltung der Arbeitstemperatur zugeführte Heizleistung gemessen. Der Energieeintrag durch externe Wärmequellen wird durch Herabsetzung der Heizleistung kompensiert und direkt in J/cm²s angezeigt.

P 3.4 Di 15:45 2E

Modellierung des Ausleseprozesses von Image Plates — ●ANKE OTTEN¹, ANGELIKA HOFMANN², KNUT HARRES¹, ALEXANDER FRANK¹, ABEL BLASEVIC³, BERNHARD ZIELBAUER³, ALEXANDER SCHMIDT³, MARIUS SCHOLLMEIER¹, MARKUS ROTH¹ und DIETER HOFFMANN^{1,3} — ¹TU Darmstadt, Darmstadt — ²Agfa-Gevaert HealthCare GmbH, München — ³Gesellschaft für Schwerionenforschung, Darmstadt

Die AG Laser- und Plasmaphysik an der TU Darmstadt forscht an der Gesellschaft für Schwerionenforschung mit lasererzeugten Plasmen und Ionenstrahlen sowie an Laser-Ionenbeschleunigung. Als Detektor für die Plasmadiagnostik bzw. die Charakterisierung der lasererzeugten Ionenstrahlen werden mehrfach verwendbare Image Plates (IPs) auf der Basis von Speicherleuchtstoffen erprobt. Die in den IPs gespeicherte Bildinformation wird durch photostimulierte Lumineszenz ausgelesen. In Zusammenarbeit mit der Firma Agfa-Gevaert HealthCare GmbH wurde der gesamte Ausleseprozess der IPs simuliert und der Einfluss der einzelnen Scanparameter untersucht, um das Verhalten des Scansystems bei verschiedenen Randbedingungen vorherzusagen.

P 4: Magnetischer Einschluss I

Zeit: Dienstag 15:00–16:00

Raum: 2G

P 4.1 Di 15:00 2G

Raumzeitliche Kontrolle von Driftwellenturbulenz — ●CHRISTIAN BRANDT¹, OLAF GRULKE^{1,2} und THOMAS KLINGER^{1,2} — ¹MPI für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Greifswald — ²Ernst-Moritz-Arndt Universität, Greifswald

In dem linear magnetisierten Plasma des Helikonexperiments VINE-TA werden kohärente Driftwellen beobachtet, die gezielt in die Driftwellenturbulenz getrieben werden können. Mit raumzeitlichen Kontrollsignalen lässt sich die Driftwellendynamik beeinflussen. Es stehen zwei verschiedene Kontrollsysteme zur Verfügung, die durch azimutale Oktupolanordnungen von 8 Elektroden bzw. von 8 Magnetfeldspulen raumzeitliche Felder in der azimutalen Ebene erzeugen. Die Modenzahl der Felder ist auf $m \leq 3$ beschränkt und die Rotation der Feldstrukturen erfolgt mit typischen Driftwellenfrequenzen zwischen $f_{dw} = 1 - 10$ kHz. Als Kontrollparameter für die Wechselwirkung zwischen den aufgeprägten Feldern und der Driftwelle stellt sich der Einfluss auf die parallelen Ströme heraus. In diesem Beitrag werden Ergebnisse zur Beeinflussung von kohärenten Driftwellen und Unterdrückung der breitbandigen Driftwellenturbulenz mittels beider Anordnungen vorgestellt und der lokale und globale Einfluss der Kontrollsignale auf die Driftwellendynamik diskutiert.

P 4.2 Di 15:15 2G

Compact Soft X-Ray Spectrometer for Argon Measurements at ASDEX-Upgrade — ●MARCO SERTOLI, RUDOLF NEU, THOMAS PÜTTERICH, RALPH DUX, and ASDEX UPGRADE TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Garching, Deutschland

In next step fusion plasmas, radiation cooling by seed impurities will be mandatory to keep the divertor power load below $10 \text{ MW}/m^2$. The use of medium-Z elements, such as Neon and Argon, as radiators in a full tungsten device is under investigation at ASDEX-Upgrade. To monitor these impurities, a new ITER prototype X-ray spectrometer has been installed on ASDEX-Upgrade. This diagnostic is a high-resolution compact Johann spectrometer currently optimized for Argon He-like X-ray spectra measurements. The crystal used is a high purity quartz of $35 \times 20 \text{ mm}^2$ area, 0.2125 nm lattice spacing, 21.9 degrees asymmetrical cut, spherically bent to a curvature radius of 500 mm . Absolute intensity calibration has been achieved with a custom X-ray tube that simulates the plasma extended source, and geometric ray-tracing simulations have been carried out for correct data interpretation. The first experimental data is in good agreement with other diagnostics. Radiatively cooled scenarios are under development at ASDEX-Upgrade and the use of this diagnostic will guarantee a good time resolution (up to 4 ms) in the monitoring of Argon central particle balance and emission characteristics.

P 4.3 Di 15:30 2G

Mikrowellenheizung im Torsatron TJ-K — ●ALF KÖHN, GREGOR BIRKENMEIER, HENDRIK HÖHNLE, EBERHARD HOLZHAUER, WALTER KASPAREK, MIRKO RAMISCH und ULRICH STROTH — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart

Im Torsatron TJ-K werden Mikrowellen bei 2.45 und 8 GHz zur Plasmaheizung verwendet. Die Plasmen werden als überdicht charakterisiert, d. h. es werden Dichten größer als die Cutoff-Dichte erreicht. Die Elektronentemperaturen liegen bei maximal 20 eV. Bei diesen Parametern ist eine Heizung an der fundamentalen Resonanz sowohl bei O- als auch X-Moden-Einstrahlung mit einer Single-pass-Absorption von weniger als 0.1 % ineffizient. Hohle Temperaturprofile bei 2.45 GHz deuten auf eine Leistungsdeponierung am Rand, genauer an der oberen Hybrid-Resonanz hin.

Messungen bei 8 GHz weisen auf eine erhöhte Deponierung der Leistung im Plasmazentrum hin. Dies könnte durch Konversion eines Teiles der eingestrahlten Welle in eine Elektronen-Bernstein-Welle (EBW) erklärt werden. Die Entstehung der EBW wird zusätzlich numerisch mit einem Code untersucht, der die Maxwellgleichungen mit einem FDTD-Verfahren löst. Desweiteren wird dieser Code verwendet, um ein besseres Verständnis der Ausbreitung der eingestrahlten Mikrowelle in TJ-K zu erlangen.

Der Nachweis eines geringen toroidalen Nettostroms ist ein weiterer Hinweis auf das Vorhandensein von EBW, da ein Stromtrieb durch Elektronenzyklotronwellen bei den vorhandenen Temperaturen ausgeschlossen werden kann.

P 4.4 Di 15:45 2G

Vergleich dimensional ähnlicher Turbulenz in TJ-K und ASDEX Upgrade — ●BERNHARD NOLD¹, MIRKO RAMISCH¹, VOLKER ROHDE², HANS WERNER MÜLLER², ASDEX UPGRADE TEAM² und ULRICH STROTH¹ — ¹Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart — ²MPI für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Garching

In den Niedertemperaturplasmen des Torsatrons TJ-K wurden die typischen Eigenschaften von Driftwellenturbulenz beobachtet. Die dimensionale Ähnlichkeit von TJ-K-Plasmen zu denen in der Randschicht von Fusionsexperimenten deutet darauf hin, dass auch dort Driftwellen die Turbulenz dominieren könnten. Von numerischen Simulationen wird dieses Verhalten in beiden Fällen vorhergesagt.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden elektrostatische Fluktuationen mit einem Multisondenarray in der Randschicht des Tokamaks ASDEX Upgrade gemessen. Zum Vergleich wurden ähnliche Untersuchungen in limitierten TJ-K-Plasmen bei verschiedenen Magnetfeldern durchgeführt. Die radiale Abhängigkeit der statistischen Eigenschaften und poloidalen Korrelationsanalysen werden vorgestellt. Die Korrelationsanalysen geben Aufschluss über radialen Transport und die Dynamik senkrecht zum Magnetfeld.

P 5: Hauptvortrag

Zeit: Dienstag 16:30–17:00

Raum: 2G

Hauptvortrag P 5.1 Di 16:30 2G

Eigenschaften stark gekoppelter Partikelwolken — ●D. BLOCK¹, M. KROLL¹, A. PIEL¹, S. KÄDING², A. MELZER² und M. BONITZ¹ — ¹CAU Kiel, 24098 Kiel — ²EMAU Greifswald, 17487 Greifswald

Im Jahre 1904 publizierte J.J. Thomson seine berühmte Arbeit zum Atomaufbau [1]. Obwohl seine Atomvorstellung sich bald als falsch herausstellte, bilden seine grundsätzlichen Überlegungen den Ausgangspunkt für die Erforschung finiter, stark gekoppelter Systeme. Experimentelle Untersuchungen solcher Systeme wurden erst mit der Erzeugung von Ionenkristallen in Penning und Paulfallen möglich [2], allerdings mit der Einschränkung dass Untersuchungen von dynamischen Prozessen aufgrund der Längen- und Zeitskalen in Ionenkristal-

len nicht durchführbar sind. Für kristalline Wolken aus Staubpartikeln (Yukawa Balls) [3] gilt diese Einschränkung jedoch nicht. Auf Grund der geringen Staubpartikeldichte und der niedrigen Staubplasmafrequenz sollte eine zeitaufgelöste 3D-Diagnostik prinzipiell realisierbar sein. Im Rahmen dieses Vortrages werden zunächst zwei Möglichkeiten zur 3D-Diagnostik vorgestellt, digitale Holographie und Stereoskopie. Am Beispiel von metastabilen Zuständen werden dann sowohl strukturelle Eigenschaften, als auch dynamische Prozesse diskutiert, um die enge Verknüpfung von dynamischen und strukturellen Eigenschaften in finiten stark gekoppelten Systemen aufzuzeigen. Diese Arbeit wird gefördert im Rahmen des SFB-TR24. [1] J.J. Thomson, Phil. Mag. 39, 1904. [2] D.H.E. Dubin und T.M. O’Neil, Rev. Mod. Phys. 71, 1999. [3] O. Arp, D. Block, A. Piel und A. Melzer, PRL 2004.

P 6: Niedertemperaturplasmen, Plasmatechnologie I

Zeit: Dienstag 17:00–19:00

Raum: 2G

P 6.1 Di 17:00 2G

Räumliche und zeitliche Relaxation metastabiler Moleküle und negativer Ionen in Sauerstoffplasmen — ●GORDON K. GRUBERT und DETLEF LOFFHAGEN — INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald, Germany

Sauerstoffentladungen werden in einer Reihe technologischer Anwendungen wie der Ozonerzeugung und der Abscheidung von Sauerstoffschichten verwendet. Für das Verständnis derartiger Plasmen ist das Verhalten der metastabilen Moleküle $O_2(a^1\Delta_g)$ und $O_2(b^1\Sigma_g^+)$ sowie der negativen Ionen O^- von grundlegender Bedeutung. Zur Analyse und theoretischen Beschreibung des raum-zeitlichen Verhaltens dieser Spezies wird eine selbstkonsistente Modellierung für Entladungen in einer planparallelen Elektrodenanordnung durchgeführt. Im Rahmen des numerischen Modells wird das System aus hydrodynamischen Gleichungen zur Beschreibung der neutralen und geladenen Spezies gekoppelt mit der Poisson-Gleichung zur Bestimmung des elektrischen Potentials bzw. Feldes im Plasma gelöst. Die hydrodynamische Beschreibung erfolgt mittels eines Zwei-Momenten-Modells, das die zeitabhängigen Teilchendichten und Teilchenstromdichten umfaßt und Raten- sowie Transportkoeffizienten verwendet, die vom lokalen elektrischen Feld abhängen. Erste Ergebnisse von Untersuchungen für Gleichstrom- und RF-Entladungen mit einem Elektrodenabstand von 2,5 cm bei Drücken zwischen 10 und 100 Pa werden vorgestellt und diskutiert. Wesentliche Aspekte der Analyse sind dabei der Einfluß der Wandverluste der Spezies und die Auswirkung der negativen Ionen auf das elektrische Raumladungsfeld.

P 6.2 Di 17:15 2G

Verstärkungsmessungen an einer kapazitiv gekoppelten HF-Entladung eines CO₂-Laserplasmas — ●DENNIS SOYSAL¹, NICOLE EBERSOHL², JOACHIM SCHULZ², CHRISTOPH HERTZLER² und ULRICH STROTH¹ — ¹Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart — ²TRUMPF Laser- und Systemtechnik GmbH, Ditzingen

Der CO₂-Laser ist von großer Bedeutung in der metallbearbeitenden Industrie. Diese stellt hohe Anforderungen an Strahlqualität und Wirkungsgrad des Lasersystems. Im Rahmen dieser Arbeit soll beides aus plasmaphysikalischer Sicht untersucht und weiter verbessert werden. In diesem Zusammenhang betrachtet man u. a. die Elektronendichte und die EEDF, welche für die Anregung des Plasmas verantwortlich sind. Die Gaszusammensetzung mit unterschiedlichen Streuquerschnitten, Partialdrücken und den Schwingungs-Rotationsübergängen des Plasmas bestimmen die Effizienz der Energieübertragung. Diffusion und Turbulenz des axial-strömenden Gases sind zusammen mit der Geometrie der Elektroden ausschlaggebend für die räumliche Temperaturverteilung. Sämtliche Faktoren wirken sich auf die Besetzungsdichte (BID) des laseraktiven Mediums aus. Diese ist, u. a., im Laserbetrieb ausschlaggebend sowohl für die Energieeffizienz, als auch für den sich ausbildenden Mode des Lasers. In diesem Beitrag wird der Messaufbau zur halbautomatischen, ortsaufgelösten Messung der volumengemittelten BID vorgestellt. Außerdem werden FE-Simulationen zum Vergleich mit den Messungen herangezogen. Als Ergebnis werden die Auswirkungen der unterschiedlichen Parameter auf die räumliche

Verteilung der BID erläutert.

P 6.3 Di 17:30 2G

Messung der Ionengeschwindigkeitsverteilung in der Schicht eines thermionischen Ar/O₂-Plasma. — ●SEBASTIAN ENGE, FARAH AZIZ, ALF KÖHN, EBERHARD HOLZHÄUER und ULRICH STROTH — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart, 70569 Stuttgart

In vielen Technologischen Anwendungen spielt die Auftreffenergie der Ionen auf dem Substrat eine bedeutende Rolle. Diese Energie gewinnen die Ionen im Potential der Plasmarandschicht vor dem Substrat. In einigen Prozessen werden elektronegative Gase wie zum Beispiel Sauerstoff benötigt. Diese können negative Ionen bilden, welche den Potentialverlauf beeinflussen, und somit auch die Prozessqualität. Durch die Messungen der Argonionen-Geschwindigkeitsverteilung in der Schicht lässt sich der Potentialverlauf ermitteln. Dazu wurde eine laserinduzierte Fluoreszenz-Diagnostik (LIF) aufgebaut, welche einen Diodenlaser mit einer optische Leistung von 25 mW bei 668,6 nm, und einen modensprungfreien Abstimmbereich von 20 GHz verwendet. Im ersten Schritt wurde in einer thermionischen Entladung das Schichtpotential bestimmt. Als Arbeitsgase wurden Argon/Sauerstoff-Gemische mit unterschiedlichen Anteilen verwendet. Die Messungen werden mit Ergebnissen aus PIC-Simulationen verglichen. In diesem Beitrag werden der experimentelle Aufbau und erste Ergebnisse vorgestellt.

P 6.4 Di 17:45 2G

Charakterisierung der optischen Emissionsprozesse von Mikroplasma-Arrays — JOCHEN WASKÖNIG¹, ●VOLKER SCHULZ-VON DER GATHEN², DEBORAH O’CONNELL² und JÖRG WINTER² — ¹Centre for Plasma Physics, Queen’s University Belfast — ²Cener for Plasma Science and Technology, Ruhr-Universität Bochum

Mikroplasmen existieren in vielen unterschiedlichen Konfigurationen und sind insbesondere hinsichtlich ihrer vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten von grossem Interesse. Die hier untersuchten Mikroplasma-Arrays wurden von der Gruppe von G. Eden [1] entwickelt und bestehen aus 50 · 50 pyramiden-förmigen Mikroentladungen von jeweils 50 µm Kantenlänge, die parallel geschaltet sind. Als Trägergas werden Edelgase und Edelgasmischungen nahe Atmosphärendruck benutzt. Typische Betriebsleistungen liegen bei unter 10 W, bei Anregungsfrequenzen im Bereich von 20 kHz.

Vorgestellt werden hier emissionsspektroskopische Untersuchungen elektrischer Anregungsphänomene während der Zündphase einzelner Entladungen und des gesamten Arrays mit Hilfe von zeitaufgelösten Messungen von Strom und Spannung. Die Ergebnisse werden mit phasenaufgelöster optischer Emissionsspektroskopie (PROES) korreliert. Die Ortsauflösung des optischen Systems erlaubt es phasen-synchron zur Anregung die Reaktionen des Systems und einzelner Mikroentladungen auf die Variation von Anregungsspannung, Anregungsfrequenz und Pulsform zu untersuchen.

[1] J G Eden and S-J Park, Plasma Phys. Control. Fusion 47 (2005) B83 - B92

P 6.5 Di 18:00 2G

Nichtlineare Kopplung von Drift- und Alfvénwellen — ●STEFAN ULLRICH¹, OLAF GRULKE^{1,2} und THOMAS KLINGER^{1,2} — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Greifswald — ²Ernst-Moritz-Arndt-Universität, Greifswald

Driftwellen treten in Dichtegradienten magnetisierter Plasmen als Instabilität auf. Sie haben eine räumliche Ausdehnung in der Größenordnung $k_{\perp} \rho_s = 0.5 \dots 5$ und propagieren mit Geschwindigkeiten im Bereich der elektrondiamagnetischen Driftgeschwindigkeit v_{De} . In der raumzeitlichen Entwicklung der Driftwelleninstabilität kommt Strömen parallel zum äußeren Magnetfeld eine tragende Bedeutung zu. Diese können unter Umständen an Alfvénwellen koppeln, sogenannte Drift-Alfvén-Wellen. Die Kopplung von Drift- und Alfvénwellen wird in der Niedertemperaturladung des Helikonexperimentes VINETA untersucht. Aufgrund der hohen Plasmakollisionsalität entwickeln sich die Driftwellen als elektrostatische Driftwellen. Eine Kopplung kann gezielt durch Anregung einer Alfvénwelle nahe der Driftwellenfrequenz herbeigeführt werden. Die raumzeitliche Entwicklung von Driftwellen wird durch hochaufgelöste Messungen der Fluktuationen der Plasmadichte und des Plasmapotenzials diagnostiziert. Poloidal aufgelöste Messungen der Magnetfeldfluktuationen erlauben es, auf das parallele Stromprofil zu schließen und damit experimentell Einblick in den Kopplungsmechanismus zu erhalten.

P 6.6 Di 18:15 2G

An optical probe for spatial resolved emission spectroscopy — ●BEILEI DU, YUSUF CELIK, DIRK LUGGENHÖLSCHER, and UWE CZARNETZKI — Institute for Plasma and Atomic Physics, Ruhr University Bochum, 44780 Bochum, Germany

An inherent problem of all emission spectroscopic measurements in plasmas is the line of sight integration, which averages over local variations of the emission. Abel inversion allows only in case of radial symmetry to determine radial emission profiles. Alternatively and without this restriction, we have developed a novel optical probe that allows spatial resolved measurements and is applicable to a wide range of emission spectroscopic techniques.

Basically, the probe consists of a ceramic tube with a lens at one end that images light emitted by the plasma from within a small solid angle onto an optical fiber. By taking measurements at different radial positions of the tube within the plasma, a line of sight profile is obtained. Differentiating with respect to the position then directly reveals the spatial emission profile.

First measurements of the spatial distribution of Balmer-alpha emission in an inductively coupled hydrogen discharge will be shown and compared to other diagnostics.

P 6.7 Di 18:30 2G

Electron dynamics in dual-frequency capacitively coupled RF discharges — ●JULIAN SCHULZE¹, ZOLTAN DONKO², DIRK LUGGENHÖLSCHER¹, and UWE CZARNETZKI¹ — ¹Institute for Plasma and Atomic Physics, Ruhr-University Bochum — ²Hungarian Academy of Sciences, Budapest, Hungary

Particle in Cell simulations of a symmetric dual-frequency capacitively coupled RF discharge are performed in conjunction with experimental investigations of electron dynamics using Phase Resolved Optical Emission Spectroscopy [1]. In the experiment the discharge is operated at 1.94 MHz and 27.12 MHz in He-O₂ with small rare gas admixture. In the simulation Helium and Argon discharges are investigated. The simulation reproduces the measured spatio-temporal excitation profiles well. It shows that the ion density in He discharges is time modulated and that the electric field in the vicinity of the electrodes is reversed at distinct phases of sheath collapse. Maximum excitation is observed at phases of collapsing low and expanding high frequency sheath, when the sheath oscillates in a region of low ion density causing a large oscillation amplitude. Depending on the operating conditions the discharge can be operated in α - or γ -mode. If it is operated in γ -mode secondary electrons dominate the ionisation, but not the excitation.

[1] J Schulze, T Gans, D O'Connell, U Czarnetzki, A R Ellingboe, M M Turner 2007 J. Phys. D 40 7008-7018

Funded by the DFG through SFB591, GRK1051, the Hungarian Scientific Research Fund (OTKA, Grants T-48389 and IN-69892) and supported by Andor Technology.

P 6.8 Di 18:45 2G

Nichtlineare Resonanzeffekte auf die Heizung von kapazitiv gekoppelten Zweifrequenzentladungen — ●DENNIS ZIEGLER, THOMAS MUSSENBRÖCK und RALF PETER BRINKMANN — Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, 44780 Bochum

Ausgangspunkt für die Betrachtung von Heizeffekten in kapazitiv gekoppelten Zweifrequenzentladungen ist ein räumlich aufgelöstes Modell, das die Elektronenbewegungsgleichung an eine nichtlineare Randschichtbeschreibung koppelt. Durch Konzentration auf die räumliche Grundmode wird ein nichtlineares, globales Modell hergeleitet.

Die Analyse des Modells verrät, dass die Dynamik der Entladung durch die Interaktion von Plasmaserienresonanz und nichtlinearer Randschicht bestimmt ist und sich daher als weitaus komplizierter darstellt, als in traditioneller linearer Theorie angenommen wird. Sowohl die niedrige Frequenz als auch die hohe Anregungsfrequenz tragen zur Elektronenheizung und damit zur Generation des Plasmas bei. Eine Analyse der phasenaufgelösten Randschichtspannung, der Bulkspannung und des HF Stromes ermöglicht eine genaue Untersuchung der dissipierten Leistung und damit der Heizung des Plasmas.

P 7: Magnetischer Einschluss II

Zeit: Dienstag 17:00–18:55

Raum: 2E

Fachvortrag P 7.1 Di 17:00 2E
Spektroskopische Messungen zum Einfluss des Dynamischen Ergodischen Divertors (DED) auf Plasma Rotation und radiales elektrisches Feld am Tokamak TEXTOR — ●J.W. COENEN¹, M. DE BOCK², K.-H. FINKEN¹, A. KRÄMER-FLECKEN¹, M. JAKUBOWSKI¹, M. LEHNEN¹, U. SAMM¹, O. SCHMITZ¹, B. UNTERBERG¹ und DAS TEXTOR TEAM¹ — ¹Institut für Energieforschung - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, Assoziation EURATOM-FZ Jülich, Germany — ²FOM-Institute for Plasma Physics Rijnhuizen, Association EURATOM-FOM, Trilateral Euregio Cluster, Rijnhuizen, The Netherlands

Der Einfluss resonanter magnetischer Störungen durch den DED auf Plasmarotation und rad. E-Feld wird anhand von Daten passiver (CIII, $\lambda = 467\text{nm}$) und aktiver Kohlenstoffspektroskopie (Ladungsaustausch, CVI, $\lambda = 529\text{nm}$) gezeigt. Die Rotation nimmt mit dem Strom in den Störpulen, unabhängig von der Rotation des Störfeldes, in ionendiamagnetische Driftrichtung bzw. in Richtung des Plasmastromes zu. Hervorgerufen wird dies durch ein Drehmoment gründend auf senkrechten Ausgleichströmen in der ergodisierten Randschicht. Darüber hinaus konnte erstmals eine Mitnahme des Plasmas im rotierenden Störfeld (5 kHz in elektronen-diamagnetische Driftrichtung) beobachtet werden, welche auf eine weitere $j \times B$ Kraft ausgelöst durch Abschirmströme an den resonanten Flächen zurückgeführt werden kann.

Die Messungen werden mit Modellrechnungen zur poloidalen Rotation des Plasmas infolge der Ergodisierung des Magnetfeldes verglichen.

P 7.2 Di 17:25 2E

3D Equilibrium Calculations of TEXTOR like discharges with resonant magnetic perturbations — ●CHRISTOPHER WIEGMANN¹, JOACHIM GEIGER², YASUHIRO SUZUKI³, DETLEV REITER¹, and ROBERT WOLF² — ¹Institut für Energieforschung - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, Assoziation EURATOM-FZJ, Trilateral Euregio Cluster, D-52425 Jülich — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, D-17491 Greifswald — ³National Institute for Fusion Science, Toki, Oroshi-Cho 322-6, Japan

Experiments using resonant magnetic perturbations (RMPs) to influence the plasma edge gained much interest on several tokamaks. The TEXTOR tokamak has a special set of perturbation coils (dynamic ergodic divertor) allowing for various operation scenarios. To study transport and MHD properties in the plasma edge it is necessary to provide the underlying 3D equilibrium field structure. Up to now, the magnetic field was obtained by superposing a 2D equilibrium field with the vacuum perturbation field ("vacuum approximation"). Experimental studies on plasma footprints at target plates show that this approximation gives good agreement in the $m/n=12/4$ mode while there is strong disagreement in the $3/1$ case (even excitation of $2/1$ tearing

modes). Furthermore, application of a screening factor due to plasma rotation shows significant changes in the magnetic topology. We discuss these effects and present the status of calculations with the 3D ideal MHD equilibrium code HINT2, allowing for magnetic islands and ergodic regions. These calculations are aiming to clarify the parameter window when the vacuum approximation is applicable.

P 7.3 Di 17:40 2E

Verunreinigungstransport-Experimente in einem Fusionsplasma mit stehenden magnetischen Inseln — ●ALBERT GREICHE¹, GÜNTHER BERTSCHINGER¹, WOLFGANG BIEL¹, YUNFENG LIANG¹, KRISCHAN LÖWENBRÜCK¹, OLEKSANDR MARCHUK¹, OLIVER SCHMITZ¹, GEERT WILLEM SPAKMAN², EVREN UZGEL¹, OLIVER ZIMMERMANN¹ und DAS TEXTOR TEAM¹ — ¹Institut für Energieforschung - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, Assoziation EURATOM-FZ Jülich, Trilaterales Euregio Cluster, 52425 Jülich, Deutschland — ²FOM-Institute for Plasma Physics Rijnhuizen, Association EURATOM-FOM, Trilateral Euregio Cluster, The Netherlands, www.rijnhuizen.nl

Fusionsplasmen mit stehenden magnetischen Inseln zeigen Änderungen im Verunreinigungstransport, den man durch Transportkoeffizienten beschreiben kann. Diese können durch eine Kombination von Experimenten und deren Simulation mit einem Transportcode bestimmt werden. In Plasmen des Tokamaks TEXTOR können stehende magnetische Inseln durch den dynamischen ergodischen Divertor erzeugt werden. In diese Plasmen wird ein kurzer Argon Puls injiziert, dessen einzelne Ionisationsstufen mittels linienintegrierter VUV-Spektroskopie und SXR-Kameras zeitlich hochaufgelöst beobachtet werden. Die Simulation erfolgt mit dem 1-D-Code STRAHL, der über die Zeit- und Ortsprofile der Dichte und Temperatur der Elektronen die Emissionsschalen der Ionen im Plasma berechnet. Dadurch wird die Zeitauflösung der Messung in eine Ortsauflösung umgewandelt. Die Anpassung an die Messungen erfolgt über die Transportkoeffizienten.

P 7.4 Di 17:55 2E

Spatially and temporally resolved measurements of runaway electrons in the TEXTOR tokamak — ●TIMUR KUDYAKOV¹, KARL HEINZ FINKEN², MARCIN JAKUBOWSKI³, MICHAEL LEHNEN², BERND SCHWEER², TOMA TONCIAN¹, YUHONG XU⁴, GEORGETTE VAN WASSENHOVE⁴, and OSWALD WILLI¹ — ¹Institut für Laser und Plasmaphysik, Universität Düsseldorf — ²Institut für Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich — ³Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, IPP-EURATOM Association, Greifswald — ⁴Laboratoire de Physique des Plasmas-Laboratorium voor Plasmafysica, Association "Euratom-Belgian State", Ecole Royale Militaire-Koninklijke Militaire School, Brussels

Spatially and temporally resolved measurements of runaway electrons have been performed in the TEXTOR tokamak by means of synchrotron emission, neutron detectors and with a newly installed scanning probe, located at different radial positions. The main element of the probe is a fluorescing crystal, which is covered by a graphite housing. The generation of runaway electrons inside the plasma was observed with synchrotron measurements and an exponential decay of the runaway electron population at the plasma boundary was measured with the probe. In the next step the probe has been upgraded to measure an energy spectrum by using several crystals separated by tungsten filters. At the plasma density of $1.2 \cdot 10^{19} \text{ m}^{-3}$ runaways with a narrow energy distribution between 3 MeV and 8 MeV has been measured.

P 7.5 Di 18:10 2E

Active in-vessel coils and conducting wall for MHD control in ASDEX Upgrade — ●WOLFGANG SUTTROP¹, MICHAEL ROTT¹, THOMAS VIERLE¹, ULRICH SEIDEL¹, BERNHARD STREIBL¹, BERNHARD UNTERBERG², PER BRUNSELL³, ELENA GAIO⁴, and VANNI TOIGO⁴ — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Assoziation IPP-EURATOM,

D-85748 Garching — ²FZ Jülich, Assoziation FZJ-EURATOM, D-52425 Jülich — ³KTH Stockholm, Association EURATOM-VR, SE-10044 Stockholm — ⁴Consorzio RFX, Associazione EURATOM-ENEA, I-35127 Padova

Edge Localised Modes (ELMs) remain a critical issue for ITER because they cause a large peak heat load to the main chamber wall and divertor, which impacts materials lifetime and can cause co-deposition of tritium with eroded carbon. Recent experiments in DIII-D and JET have demonstrated that non-axisymmetric error fields can be used to suppress ELMs while maintaining high edge pedestal pressure and good confinement. Though it is believed that ergodisation of the plasma edge plays a key role for ELM suppression, there is no explanation to date for the observed effects on edge profiles. For physics studies and preparation of port-plug coils or ferritic inserts for ITER it is planned to install in ASDEX Upgrade a highly flexible set of 3x8 in-vessel saddle coils. This coil system is suitable for AC operation and can also be used to produce rotating error fields for locked-mode disruption avoidance, and, together with sensors, a conducting wall and a feedback system, to stabilise performance limiting resistive wall modes (RWM). The design of this extension and its physics applications are presented.

P 7.6 Di 18:25 2E

Experimentelle Untersuchungen des Elektronentransports unter dem Einfluss magnetischer Störfelder in der Randschicht des Tokamaks TEXTOR — ●H. STOSCHUS¹, K.-H. FINKEN¹, M. JAKUBOWSKI¹, U. KRUEZI², M. LEHNEN¹, U. SAMM¹, D. SCHEGA¹, O. SCHMITZ¹, B. SCHWEER¹, B. UNTERBERG¹ und TEXTOR TEAM¹ — ¹Institut für Energieforschung - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, Assoziation EURATOM-FZ-Jülich, Trilaterales Euregio Cluster, Jülich — ²FOM-Institute for Plasma Physics Rijnhuizen, Association EURATOM-FOM, Trilateral Euregio Cluster, The Netherlands

Für die Dimensionierung von Störfeldspulen zur Kontrolle des Transports in magnetisch eingeschlossenen Fusionsplasmen ist das Eindringverhalten von Störfeldern in Abhängigkeit von den Plasmaparametern essentiell. Zur Charakterisierung des Eindringens der mit bis zu 5 kHz rotierenden resonanten Störfelder des Dynamisch Ergodischen Divertors (DED) am Tokamak TEXTOR wurde der Elektronentransport durch Bestimmung von n_e und T_e mittels aktiver Spektroskopie durch einen Heliumüberschallstrahl orts- und zeitaufgelöst ($\delta r = 2 \text{ mm}$ und $\delta t = 50 \mu\text{s}$) charakterisiert. So zeigt sich eine Korrelation der Strukturen der helikalen Flussröhren des DED mit der Störfeldstromstärke sowie mit der Relativrotation zwischen Plasma und Störfeld, welche durch zusätzliche Neutralteilchenheizung und der DED-Frequenz variiert werden kann. Hiermit lassen sich Rückschlüsse auf das Abschirmverhalten des Störfeldes durch das Plasma ziehen.

P 7.7 Di 18:40 2E

Magnetic High Current Ion Storage Ring — ●MARTIN DROBA — IAP, Max-von-Lauestrasse 1, 60438 Frankfurt am Main, Deutschland

A high current storage ring for the accumulation of low energy ($W \sim 150 \text{ keV}$) proton beams is under investigation at Frankfurt University. The configuration based on a toroidal magnetic field looks promising for the storage of intense ion beams, especially when concerning the various potential concepts for space charge compensation. It offers various possibilities for investigation of $(p + B^{11})$ fusion reactions under different non-neutral plasma state conditions. For the first time a stellarator-type magnetic configuration is considered to store intense ion beams, and to study beam life time, reaction cross sections, reaction products at interacting gas jets as well as ring operation in the collider mode. The theory of thermal and applied plasma confinement on magnetic surfaces is translated to numerical simulations on circulating ion beams. The space charge effects and stability conditions are studied and will be presented. An experimental setup consisting of to 30° toroids and two ion sources is suited to study beam injection into such ring configuration.

P 8: Staubige Plasmen/Plasma-Wand-Wechselwirkung II

Zeit: Donnerstag 8:30–10:30

Raum: 2E

P 8.1 Do 8:30 2E

Staubdichtewellen — ●ALEXANDER PIEL — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität, D-24098 Kiel

Eine der besonderen Eigenschaften staubiger Plasmen ist die Fähigkeit, sehr niederfrequente elektrostatische Dichtewellen zu erzeugen. Solche Dichtewellen werden oft als staubakustische Wellen [1] identifiziert, die mit einer Phasengeschwindigkeit propagieren, die das Produkt aus Staubplasmafrequenz und linearisierter Debyelänge darstellt. In diesem Beitrag wird gezeigt, dass die Dispersion der spontan durch Ionenströmungen angeregten Staubdichtewellen sich davon unterscheidet. Dieses betrifft einerseits die Ausbreitungsgeschwindigkeit als auch eine Präferenz für Wellenausbreitung schräg zur Ionenströmungsrichtung. Der Einfluß lateraler Begrenzung sowie nichtlineare Aspekte werden diskutiert und mit experimentellen Befunden illustriert. (Gefördert durch SFB-TR24, A2 und DLR 50WM0739.)

[1] N.N. Rao, P.K. Shukla, M.Y. Yu, Planet. Space Sci. 38, 543 (1990)

P 8.2 Do 8:45 2E

Digitale Holographie von staubigen Plasmen — ●M. KROLL¹, S. HARMS¹, D. BLOCK¹, A. PIEL¹ und A. MELZER² — ¹CAU Kiel, 24098 Kiel — ²EMAU Greifswald, 17487 Greifswald

Staubige Plasmen nehmen bei der Untersuchung dreidimensionaler stark gekoppelter Systeme eine besondere Rolle ein. Aufgrund ihrer, im Vergleich zu anderen Systemen, großen Längen- und Zeitskalen ist es prinzipiell möglich, dynamische Prozesse wie z. B. Phasenübergänge oder Wellenphänomene mikroskopisch zu beobachten. Zur kompletten Aufzeichnung des dreidimensionalen Phasenraums bedarf es neuer Diagnostiken, die eine instantane Positions- und Geschwindigkeitsmessung aller Partikel erlauben. Ein vielversprechender Ansatz hierfür ist neben der Stereoskopie [1] die digitale Holographie. Dieser Beitrag demonstriert die Anwendbarkeit der digitalen Holographie auf staubige Plasmen. Die Leistungsfähigkeit dieser neuen Diagnostik in Bezug auf Orts- und Zeitaufösung wird durch Vergleich mit der etablierten Methode der Videomikroskopie experimentell ermittelt. Die Arbeit wird gefördert im Rahmen des SFB-TR24.

[1] S. Käding (diese Konferenz)

P 8.3 Do 9:00 2E

Dynamik von kleinen Staubwolken in einem anodischen Plasma — ●IRIS PILCH¹, ALEXANDER PIEL¹, THOMAS TROTTEBERG¹ und MARK E. KOEPKE² — ¹Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts Universität, D-24098 Kiel — ²West Virginia University, Morgantown West Virginia, USA

In anodischen Plasmen können Partikel in einem Gleichgewicht aus Schwerkraft, elektrischer Feldkraft und Ionenwindkraft eingefangen werden. Die dynamischen Eigenschaften der Staubwolke hängen unter anderem von deren Größe ab. Bei großen, $d > 13$ mm, bis mittelgroßen Staubwolken, $d > 8$ mm, treten Staubdichtewellen als selbsterregte Instabilitäten in einem Frequenzbereich von 25 bis 35 Hz auf. In kleinen Staubwolken, $d < 5$ mm, ist keine Staubdichtewelle beobachtbar. Durch Modulation der Anodenspannung kann die Staubdichtewelle über einen Frequenzbereich von 15 bis 40 Hz synchronisiert werden. In den kleinen Wolken führt die Modulation zu einer Sloshing- und Stretching-Bewegung der gesamten Wolke. In diesem Beitrag werden die Dynamik der Staubdichtewelle als auch die strukturellen Eigenschaften der kleinen Staubwolken untersucht.

P 8.4 Do 9:15 2E

Herstellung und Charakterisierung von 3D-Plasmakristallen — ●ANDREAS ASCHINGER, JENS RÄNSCH und JÖRG WINTER — Lehrstuhl für Experimentalphysik II, Ruhr-Universität Bochum, D-44780 Bochum

In einem Plasma erreichen mikroskopische Partikel hohe elektrische Ladungen und können unter der resultierenden Kopplung geordnete Strukturen - so genannte Plasmakristalle - bilden. Die Herausforderung wohlgeordnete Kristalle mit einigen Zentimetern Ausdehnung zu realisieren, erfordert detaillierte Parameterstudien und eine optimierte Kammergeometrie. In diesem Experiment werden die Plasmakristalle in einer kapazitiv gekoppelten RF-Entladung bei eingekoppelten Leistungen zwischen 1 und 10 W und Drücken von 20 bis 60 Pa erzeugt. Es werden verschiedene Kammergeometrien und Leistungseinkopplun-

gen verwendet. Eine CCD Kamera ermöglicht Aufnahmen horizontaler und vertikaler Kristallebenen. Aus den Videodaten werden Partikelkoordinaten und Geschwindigkeiten extrahiert. Dies erlaubt Aussagen über die Dichte und die Temperatur der Plasmakristalle. Die Güte des Kristalls wird durch die Paar- und die Winkelkorrelationsfunktion charakterisiert. Die Einflüsse verschiedener Plasmamparameter und Kammerkonfigurationen werden hier aufgezeigt und die Grenzen der zu erreichenden Kristallqualität diskutiert.

P 8.5 Do 9:30 2E

Beobachtung des Wachstums von Nanopartikeln in einer kapazitiv gekoppelten Entladung mittels der Rayleigh-Mie Streuellipsometrie — ●RAPHAELA WEISS¹, SUK-HO HONG², JENS RÄNSCH¹ und JÖRG WINTER¹ — ¹Ruhr-Universität Bochum, EP II, 44780 Bochum, Deutschland — ²Association EURATOM-CEA sur la Fusion Contrôlée, DRFC/SIPP/GIPP, CEA/Cadarache, 13108 Saint Paul-lez-Durance, Frankreich

Die Rayleigh-Mie Streuellipsometrie eignet sich hervorragend um Nanopartikel in einem reaktiven Plasma *in situ* beim Wachstumsprozess zu beobachten. Bei dieser Diagnostikmethode wird ein polarisierter Laserstrahl in das reaktive Plasma geleitet und die Polarisationsänderung des an den Partikeln gestreuten Lichtes unter 90° mit Hilfe der ellipsoidischen Winkel Ψ und Δ detektiert. Hieraus lassen sich die Radiusfunktion $r(t)$ sowie der komplexe Brechungsindex $m = n - ki$ der Partikel bestimmen.

Wir präsentieren und diskutieren Ergebnisse dieser Rayleigh-Mie Streuellipsometrie-Messungen an kapazitiv gekoppelten Plasmen mit unterschiedlichen Entladungsparametern wie die eingekoppelte Leistung oder die Gaszusammensetzung.

Diese Arbeit wird gefördert vom Graduiertenkolleg 1051 und der Ruhr-University Research School.

P 8.6 Do 9:45 2E

Computation of ion drag force on a static spherical dust grain in an RF plasma — ●VENKATA RAMANA IKKURTHI¹, KONSTANTYN MATYASH², RALF SCHNEIDER², and ANDRE MELZER¹ — ¹Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, 17487 Greifswald, Germany — ²Max-Planck Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, 17491 Greifswald, Germany

The ion drag force on a spherical dust grain located in an RF discharge plasma is computed using a 3-dimensional Particle-Particle Particle-Mesh (P3M) code. The ion drag force is computed for the case where the Debye length is very large compared to the radius of the dust grain.

In the present work, the P3M code has been used to compute ion drag force on a spherical dust. The ion drag force results from two contributions: collisional drag force and orbital drag force. These contributions have been computed from the momentum imparted to dust grain by ions in direct collision and orbital coulomb collisions. Unlike others work, the current work doesn't assume any velocity distributions for plasma species. The results have been compared with previous simulation and experimental results.

Support from DFG under SFB TR24, project A4 is gratefully acknowledged.

P 8.7 Do 10:00 2E

Microscopic calculation of the charge of a dust particle in a plasma — ●FRANZ XAVER BRONOLD¹, HOLGER FEHSKE¹, HOLGER KERSTEN², and HANS DEUTSCH¹ — ¹EMA Universität Greifswald, 17489 Greifswald, Deutschland — ²CA Universität zu Kiel, 24098 Kiel, Deutschland

We calculate, from a genuine microscopic point of view, the quasi-stationary charge of an isolated dust particle confined in a low-temperature gas discharge. In contrast to the ambipolarity condition, which balances the total electron with the total ion flux, we obtain the charge from the quasi-stationarity of the electron and ion surface densities. Our approach suggests (i) that the charge results from the balance of electron charging with electron desorption and (ii) that ions affect the charge primarily through the temperature of the dust particle, which depends on the ion bombardment. Using orbital-motion limited fluxes and the neutral gas temperature as an adjustable parameter, we obtain excellent agreement with experimental data for a

variety of discharges.

Support from the SFB-TR 24 "Complex Plasmas" is greatly acknowledged. F. X. B. acknowledges special funding 0770/461.01 by the state Mecklenburg-Vorpommern.

P 8.8 Do 10:15 2E

Improved intermediate-scale analysis for the presheath-sheath transition — ●ANTON SCHNEIDER and SIEGBERT KUHN — Association EURATOM-ÖAW, Institut für Theoretische Physik, Universität Innsbruck, 6020 Innsbruck, Austria

A 1-d semi-infinite plasma bounded by an absorbing wall is considered. Adjacent to the wall a sheath (scale length: Debye length λ_D) is established, followed by a presheath (scale length: presheath scale L , depending on the dominant mechanism) leading over to the unperturbed plasma. In the "zero- λ_D approximation" $\varepsilon = 0$ (where $\varepsilon \equiv \lambda_D/L$),

the sheath and the presheath must be treated separately, with the presheath solution running into the so-called "sheath-edge singularity" at the point where the ion flow velocity equals the ion sound velocity. To resolve the solution near this "zero- ε sonic point" for arbitrarily small but non-zero ε ("asymptotic two-scale limit", $\varepsilon \rightarrow 0$), Riemann [J. Tech. Phys. 41, Special Issue, 89-121, 2000] and others introduced the "intermediate region" (scale length: "intermediate scale" l_m , with $\lambda_D \ll l_m \ll L$) located between the sheath and the presheath, with the associated analysis restricted to the lowest order in ε . In the present contribution, a new approach is presented and used to extend intermediate-scale analysis to the next order in ε , thus making it valid for finite (but still small) values of ε ($0 < \varepsilon \ll 1$). As a first application, the boundary conditions for numerical sheath integration at an arbitrary point within the intermediate region is calculated. Work supported by FWF under P19235.

P 9: Diagnostische Methoden

Zeit: Donnerstag 8:30–10:10

Raum: 2D

P 9.1 Do 8:30 2D

Echtzeitkorrektur von 'fringe jumps' am DCN-Laserinterferometer von ASDEX Upgrade — ●ALEXANDER MLYNEK, KENT MCCORMICK, GEORGE SIPS, JÖRG EHEBERG, GEROLD SCHRAMM, MANFRED ZILKER und DAS ASDEX UPGRADE TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, D-85748 Garching, Deutschland

Beim Fusionsexperiment ASDEX Upgrade wird die linienintegrierte Elektronendichte längs mehrerer Sichtlinien durch das Plasma mit einem Mach-Zehnder-Interferometer gemessen. Für die 5 horizontalen Kanäle kommt ein DCN-Laser mit einer Wellenlänge von $195\mu\text{m}$ zum Einsatz. Typische Plasmadichten führen dabei zu einer Phasenverschiebung des Messstrahls von $10\text{-}20 \times 2\pi$. Bei der Datenerfassung treten vor allem bei schnellen Dichteänderungen, z.B. bei Pelletinjektion, Zählfehler um Vielfache von 2π auf, sog. 'fringe jumps'. Durch Aufbau einer neuen Ausleseelektronik und Entwicklung eines Computeralgorithmus wurde ein Verfahren zur Echtzeitkorrektur solcher Messfehler bereitgestellt. Durch zusätzliche Implementierung eines Entfaltungsalgorithmus können zukünftig Dichteprofile in Echtzeit berechnet und zur Plasma-Feedbackregelung verwendet werden.

P 9.2 Do 8:45 2D

Rekonstruktion von Elektronenenergieverteilungsfunktionen aus emissionspektroskopischen Daten — ●DIRK DODT¹, ANDREAS DINKLAGE¹, RAINER FISCHER², KLAUS BARTSCHAT³ und OLEG ZATSARINNY³ — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, Wendelsteinstr.1, 17491 Greifswald, Germany — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, Boltzmannstr. 2, 85748 Garching, Germany — ³Department of Physics and Astronomy, Drake University, Des Moines, IA 50311, USA

Die Elektronenenergieverteilungsfunktion (EEVF) einer Neon-Glimmentladung wird aus dem gemessenen Linienspektrum rekonstruiert. Ein detailliertes Modell der spektroskopischen Messung, das das gesamte Spektrum von 550 bis 900 nm beschreibt, wurde aufgestellt. Ein konsistenter Satz atomarer Daten (Wirkungsquerschnitte für die Elektronenstoßanregung, Einstein Koeffizienten) aus B-Spline R-Matrix Rechnungen, der die 31 niedrigsten Anregungszustände von Neon berücksichtigt, wird hierfür verwendet. Die Unsicherheiten dieser atomaren Daten werden mit Hilfe einer stochastischen Beschreibung und Monte-Carlo Methoden berücksichtigt. Dadurch wird eine nicht-lineare Fehlerfortpflanzung dieser Modellunsicherheiten realisiert, die es ermöglicht einen Vertrauensbereich für das Rekonstruktionsergebnis anzugeben. Das Ergebnis der Rekonstruktion ist in Übereinstimmung mit unabhängigen Simulationen und Messungen der EEVF der untersuchten Glimmentladung. Diese Arbeit wurde Gefördert im Rahmen des Sonderforschungsbereichs Trans Regio 24.

P 9.3 Do 9:00 2D

Rovibrationally-Excited H₂/HD/D₂ Molecules Produced in Hydrogen-Deuterium Plasmas Detected by LIF in the VUV — ●ONNO GABRIEL, JEROEN VAN DEN DUNGEN, DAAN SCHRAM, and RICHARD ENGELN — Department of Applied Physics, Plasma & Materials Processing, Eindhoven University of Technology, Postbus 513, 5600 MB Eindhoven, The Netherlands

Hydrogen molecules play an important role in fusion experiments as well as in other fields such as astronomy. When driven with mixtures of H₂ and D₂, excited H₂/HD/D₂ molecules are produced in the cooler regions of experimental fusion reactors, e.g. on the divertor surface. In interstellar media, where H₂ and HD are respectively the most and third most abundant molecules, much can be learned about cooling mechanisms of clouds and the star formation processes. Of special interest is the internal excitation of hydrogen molecules in the electronic ground state ($X^1\Sigma_g^+$), which can take energy values up to 4.5 eV and influences strongly hydrogen collision processes. We measure these rovibrationally-excited H₂/HD/D₂ molecules produced in a hydrogen-deuterium plasma jet by laser induced fluorescence in the VUV (Lyman transitions). High rovibrationally excited hydrogen molecules were found, resulting from Lyman transitions. The distributions of internal energies are the result of molecule formation processes, taking place in the plasma gas phase as well at surfaces in contact with it.

Fachvortrag P 9.4 Do 9:15 2D

Bestimmung absoluter atomarer Sauerstoffkonzentrationen in Effluent und Kern eines Mikro-Plasmajets — ●NIKOLAS KNAKE, VOLKER SCHULZ-VON DER GATHEN, KARI NIEMI, STEPHAN REUTER und JÖRG WINTER — Institut für Experimentalphysik II, Ruhr-Universität Bochum

Der koplanare Mikro-Atmosphärendruck-Plasmajet (μ -APPJ) ist eine kapazitiv gekoppelte Radiofrequenz-Entladung (13,56 MHz, ~ 15 W RF-Senderleistung), die speziell für die optische Diagnostik konzipiert wurde und die lokale Behandlung empfindlicher Oberflächen ermöglicht. Die Entladung brennt homogen bei Betrieb mit einem Edelgasfluß (1,4 slm He), dem eine geringe Sauerstoff-Komponente beigemischt wird ($\sim 0,5$ Vol.-%). Im ausströmenden Gas (Effluent) wurden orts aufgelöste Verteilungen der atomaren Sauerstoffdichte im Grundzustand, mit Werten von bis zu $2 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$, mit Hilfe von Zwei-Photonen-Absorption Laser-induzierter Fluoreszenz-Spektroskopie (TALIF) bestimmt. Die quantitative Kalibrierung des Aufbaus wurde mittels Vergleichsmessungen an Xenon durchgeführt. Eine Variation der molekularen Sauerstoff-Beimischung zwischen 0 und 2 Vol.-% zeigt ein Maximum der Radikalausbeute im Effluent bei 0,6% Zumischung. Bei einer Variation der Senderleistung wird, in Abhängigkeit von Beimischung und Gasfluß, bis zu einer Senderleistung von ca. 15 Watt ein Anstieg der atomaren Sauerstoffdichte beobachtet. Für höhere Senderleistungen stellt sich eine konstante Radikalausbeute ein. Erste orts aufgelöste Messungen im Entladungskern liefern Dissoziationsgrade im zweistelligen Prozentbereich.

P 9.5 Do 9:40 2D

Molekularstrahl-Massenspektrometrie von einem Mikroplasmajet bei Atmosphärendruck — ●DIRK ELLERWEG, JAN BENEDIKT und ACHIM VON KEUDELL — Ruhr-Universität Bochum, Deutschland

Ein Mikroplasmajet bei Atmosphärendruck wurde zum Abscheiden dünner Schichten entwickelt. Auf Grund der kleinen Dimension und des Atmosphärendrucks des Mikroplasmajets ist seine Charakterisierung recht schwierig. Deshalb ist auch bis heute die Plasmachemie eines Mikroplasmas nicht verstanden. Messungen mit einem Massen-

spektrometer könnten diese offene Frage klären. Das Problem hierbei ist aber, dass das Massenspektrometer einen Druck kleiner als 10^{-3} Pa benötigt, der Mikroplasmajet aber unverändert bei Atmosphärendruck betrieben werden soll. Folglich muss man für eine Molekularstrahl-Massenspektrometrie einen Reaktor mit mehreren Pumpstufen benutzen. Wir verwenden einen dreistufigen Reaktor, dessen Pumpstufen jeweils durch eine Blende verbunden sind. Zusätzlich besitzt die erste Pumpstufe eine Blende zur Atmosphäre, durch die der Mikroplasmajet in den Reaktor eindringen kann. Mit Hilfe eines Choppers werden die Pumpstufen zeitweise von der Atmosphäre getrennt. Somit lässt sich der Druck in den Pumpstufen stark reduzieren und der Untergrund vom Signal des Molekularstrahls trennen. In der dritten Pumpstufe ist das Massenspektrometer installiert. Der Ionisator des Massenspektrometers befindet sich mit den drei Blenden auf einer Linie, sodass der Molekularstrahl direkt durch die verschiedenen Pumpstufen durch den Ionisator fliegen kann. Erste Messungen eines Ar/HMDSO Mikroplasmas werden gezeigt und diskutiert.

P 9.6 Do 9:55 2D

Abhängigkeit der Impedanz des Silan-Wasserstoff-Plasmas von den Prozessparametern — ●UWE STICKELMANN, ANDREAS MÜCK, DZMITRY HRUNSKI und UWE RAU — Forschungszentrum Jülich GmbH IEF5-Photovoltaik 52425 Jülich

Die Veröffentlichung beschreibt die Abhängigkeit zwischen der Plasmaimpedanz und den technologischen Parametern während der Herstellung von Silizium-Dünnschichtsolarzellen durch Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition (PECVD) in einem Silan-Wasserstoff-Plasma. Die Charakterisierung durch die Plasmaimpedanz ermöglicht ein tieferes Verständnis und eine in-situ Prozesskontrolle des Plasmaprozesses. Darüber hinaus kann die Auslegung des Hochfrequenz-Generators und des Anpassungsnetzwerkes optimiert werden. Die Abhängigkeit der Plasmaimpedanz von den technologischen Parametern Druck, Leistung, Temperatur und Durchfluss wird diskutiert. Insbesondere die Rolle der Silankonzentration wird analysiert. Die Plasmaimpedanz hat eine komplexe, nichtlineare Beziehung zur Silanverdünnung. Erklärungen für diesen Verlauf sind u.a. die Pulverbildung und die Plasmastrukturierung.

P 10: Hauptvortrag

Zeit: Donnerstag 11:00–11:30

Raum: 2G

Hauptvortrag P 10.1 Do 11:00 2G
Diagnostik für W7-X und ITER: Herausforderungen und Entwicklungen — ●WOLFGANG BIEL — Institut für Energieforschung / Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, EURATOM Association, Trilateral Euregio Cluster, D-52425 Jülich, Germany

Der Aufbau der Plasmadiagnostik für die neuen Fusionsexperimente ITER und W7-X stellt eine große Herausforderung dar. Aus den physikalischen Zielsetzungen dieser neuen Langpulsexperimente ergeben sich ambitionierte technische Vorgaben für die Stabilität und Genauigkeit der Diagnostiksysteme. Diese müssen jedoch in einer harten technischen Umgebung (Strahlung, Temperaturen, Kräfte, Erosion/Deposition) bei nur minimalen Benutzer Eingriffen realisiert und betrieben werden. Insbesondere sind bei ITER auch die Parameterbe-

reiche deutlich verschieden zu bestehenden Experimenten; bewährte Diagnostikkonzepte lassen sich daher häufig nicht einfach durch eine triviale Skalierung übertragen.

In diesem Vortrag werden grundlegende Probleme für die Auslegung von Diagnostikkomponenten sowie für die Messprozesse an ITER und W7-X angesprochen. Ferner werden Beispiele für die laufenden Entwicklungsarbeiten zum Aufbau der ITER- und W7-X-Diagnostik vorgestellt, an denen die Fusionslaboratorien im Forschungszentrum Jülich sowie im Max-Planck-Institut für Plasmaphysik in Garching und Greifswald beteiligt sind. Dabei zeigt sich, dass physikalische und technische Neu- und Weiterentwicklungen geschickt kombiniert werden müssen, um zu funktionierenden Konzepten zu gelangen, mit denen die Vorgaben an die Diagnostik erreicht werden können.

P 11: Hauptvortrag

Zeit: Donnerstag 11:30–12:00

Raum: 2G

Hauptvortrag P 11.1 Do 11:30 2G
Operationsgrenzen von Stellaratoren - Chancen für eine attraktive Fusionsenergiequelle? - — ●ARTHUR WELLER — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, IPP-Euratom Association, Greifswald, Germany

Im Verbund der auf dem magnetischen Plasmaeinschluss basierenden internationalen Fusionsenergieforschung nehmen die Stellaratoren bisher eine untergeordnete Rolle ein. Der Entwicklungsvorsprung des Tokamaks manifestiert sich im internationalen Projekt ITER, das als Vorstufe eines Reaktor-Prototyps auf den Weg gebracht wurde. In den letzten Jahren wurden jedoch auch in Stellaratoren beachtliche Fort-

schritte erzielt. Das mit der Vermeidung eines toroidalen Plasmastroms zusammenhängende Potential für einen stationären disruptionsfreien Betrieb geht einher mit erweiterten Operationsgrenzen bezüglich Stabilität, Plasmadruck und Plasmadichte. Dazu werden hauptsächlich Daten von Wendelstein W7-AS und vom Large Helical Device (LHD) im Vergleich zum Tokamak diskutiert. Eine Schlüsselrolle für die weitere Stellarator-Entwicklung spielt der derzeit am IPP Teilinstitut in Greifswald im Bau befindliche Stellarator Wendelstein W7-X, in dem die günstigen physikalischen Eigenschaften eines optimierten Magnetfelds (mit reaktorrelevanten Plasmaparametern) sowie die technische Realisierung des dazu erforderlichen supraleitenden Spulensystems demonstriert werden soll.

P 12: Dichte Plasmen

Zeit: Donnerstag 12:00–12:25

Raum: 2G

Fachvortrag P 12.1 Do 12:00 2G
Thomson-Streuung im Bereich Warmer Dichter Materie — ●KATHRIN WÜNSCH, JAN VORBERGER und DIRK O. GERICKE — Centre of Fusion, Space and Astrophysics, Department of Physics, University of Warwick, Coventry CV4 7AL, United Kingdom

Die stark gekoppelten Ionen und entarteten Elektronen in warmer dichter Materie lassen sich experimentell mittels Thomson-Streuung im Röntgen-Bereich gezielt untersuchen. Das Streuspektrum weist dabei zwei Anteile auf: Im Bereich kleiner Frequenzänderungen dominiert der indirekte Effekt der stark gekoppelten Ionen (Streuung an assoziierten Elektronen), während die größeren Frequenzverschiebungen

durch die freien Elektronen erzeugt werden.

In diesem Beitrag soll der erste Term genauer betrachtet werden. Stark korrelierte Ionen können gut mit Integralgleichungen (HNC) oder klassischen Simulationen (MC/MD) beschrieben werden. Die Elektronenkomponente erfordert dagegen immer die Berücksichtigung von Quanteneffekten, was bei Verwendung eines linear abgeschirmten Ion-Ion-Potentials einfach möglich ist. Werden die Elektronen in mehrkomponentigen HNC-Rechnungen explizit berücksichtigt, müssen Quanten-Potentiale verwendet werden, deren Gültigkeit jedoch auf den Bereich geringer Entartungen begrenzt sind. Vergleiche mit *ab initio* Quantensimulationen (DFT-MD) zeigen die Grenzen der Quanten-

Potentiale für Systeme mit entarteten Elektronen deutlich auf. Bei Verwendung eines linear abgeschirmten Potentials erreicht man da-

gegen eine konsistente Beschreibung von Simulationen, Experimenten und Theorie im Bereich der warmen dichten Materie.

P 13: Hauptvortrag

Zeit: Donnerstag 14:00–14:30

Raum: 2G

Hauptvortrag P 13.1 Do 14:00 2G
Spektroskopische Diagnostik filamentierter Mikroplasmen
 — •HANS-ERICH WAGNER¹, KIRILL VADIMOVICH KOZLOV², RONNY BRANDENBURG³ und TOMAS HODER⁴ — ¹Institut für Physik der Universität Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 6, 17487 Greifswald, BRD — ²Moscow State University, Department of Chemistry, Leninskie Gory 1, 119899 Moscow, Russia — ³INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17487 Greifswald, BRD — ⁴Department of Physical Electronics, Masaryk University, Kotlarska 2, Brno 61137, Czech Republic

Mikroplasmen sind ausgeprägte Nichtgleichgewichtsplasmen mit Abmessungen im sub-mm (bis mm) Bereich und werden meist bei Atmosphärendruck betrieben. Als effektive Quelle radikalischer und angeregter Spezies finden sie (rasant zunehmend) viele technische Anwen-

dungen. Die Bestimmung der Plasmaparameter dieser Entladungen ist eine Schlüsselaufgabe. Im Vortrag werden experimentelle Untersuchungen an Einzelfilamenten von Barrierenentladungen im Volumen sowie an koplanaren Anordnungen in N₂/O₂-Gemischen vorgestellt. Sie wurden mittels der Methode der Cross-Correlation-Spektroskopie durchgeführt. Diese Technik erlaubt eine räumlich, zeitlich, spektral und phasen- aufgelöste Analyse der Emission dieser Entladungen im sub-mm und sub-ns Bereich. Die Untersuchungen ermöglichen ein genaueres Verständnis ihres Mechanismus. Ausgehend von der Erfassung des (0-0) Überganges des 2. pos. Systems und des 1. neg. Systems des N₂-Moleküls gelingt es, räumlich (z.T. 2D) und zeitlich aufgelöst, die lokale elektrische Feldstärke (E/n) an Einzelfilamenten sowie die relative Elektronendichte zu bestimmen.

P 14: Grundlegende Probleme, Theorie / Sonstiges

Zeit: Donnerstag 14:30–16:00

Raum: 2E

P 14.1 Do 14:30 2E
Spectral Function for Dense Plasmas beyond GW — •CARSTEN FORTMANN, GERD RÖPKE, and AUGUST WIERLING — Institut für Physik, Universität Rostock, 18051 Rostock

The single particle spectral function is the key quantity to describe properties of many-particle systems. A common approach to the spectral function is the GW approximation, which is successfully applied in condensed matter theory, theory of classical plasmas, and also nuclear physics. In this work, the spectral function for strongly coupled hydrogen plasmas is calculated at arbitrary degeneracy. As an application, the Gaunt factor for inverse bremsstrahlung is calculated from the spectral function and compared to results obtained for weakly coupled plasmas (Born approximation). We also present consistent improvements of the GW-scheme in order to include vertex-corrections as dictated by sum-rules (Ward-Identities).

P 14.2 Do 14:45 2E
MHD-simulations of the plasma response on the magnetic perturbations in the TEXTOR tokamak — •DOMINIK SCHEGA¹, SADRILLA ABDULLAEV¹, KARL-HEINZ FINKEN¹, MARCIN JAKUBOWSKI², MICHAEL LEHNEN¹, DIRK REISER¹, GRANVILLE SEWELL³, and ROBERT WOLF² — ¹Institut für Energieforschung, Forschungszentrum Jülich GmbH, EURATOM Association, Trilateral Euregio Cluster, D-52425 Jülich, Germany — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, D-17491 Greifswald, Germany — ³Mathematics Dept University of Texas El Paso, El Paso, USA

This paper describes a model developed to investigate the influence of plasma response on resonant magnetic field perturbations (RMP) in the TEXTOR tokamak during operation of the dynamic ergodic divertor (DED). Of particular interest are the changes of the magnetic field topology due to externally applied magnetic perturbations and by tearing mode instabilities. A standard method to calculate this topology is the linear superposition of the equilibrium field with the perturbation field. However, internal currents in the plasma can lead to a significant screening of the perturbation field. The aim of this work is to take these effects into account. We compute numerically the magnetic field by solving a simplified model developed on the basis of the fluid equations, namely a *MHD Two Fluid, Three Field Model* (fields: magnetic potential, plasma density and vorticity). The solution of such a system of partial differential equations has been calculated by the PDE2D code (finite element solver). We present a comparison of the magnetic field topology calculated with and without plasma response.

P 14.3 Do 15:00 2E
Geometrie- und Stabilitätsuntersuchungen von Kathoden in HID-Lampen für Ansätze mit und ohne Brennfleck — FRANK SCHARF¹ und •JÜRGEN MENTEL² — ¹Lehrstuhl für Theoretische Elek-

trotechnik, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum — ²Lehrstuhl für allgemeine Elektrotechnik und Plasmatechnik, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum

Das Zusammenspiel einer Bogenentladung mit der zugehörigen heißen Kathode kann durch sogenannte Transferfunktionen beschrieben werden. Im einzelnen sind dies die Leistungsflussdichte q_p und die Stromdichte j . Beide Funktionen hängen nur noch von der lokalen Kathodentemperatur T_c und dem ebenfalls lokalen Kathodenfall U_c ab. Die Funktionen q_p und j (zusammengesetzt aus Elektronen- und Ionenstromdichte) werden bestimmt durch eine mikroskopisch kleine Randschicht vor der Kathode. Löst man nun mit diesen Transferfunktionen als Randbedingungen die Wärmeleitungsgleichung für die Kathode numerisch, so erhält man verschiedene Lösungsweige und -moden. Speziell findet man einen diffusen Bogenansatz und ein Ansatz, bei dem sich ein Brennfleck ausbildet (der sogenannte Spotmode). In dieser Arbeit werden entsprechende Lösungen für verschiedene Kathodengeometrien präsentiert, um den Einfluss der Kathodenabmessungen auf das Verhalten des Ansatzes zu untersuchen. Zusätzlich werden Stabilitätsuntersuchungen der einzelnen Lösungen präsentiert.

P 14.4 Do 15:15 2E
Stabilisierung von Finite-Elemente-Verfahren zur Lösung hydrodynamischer Plasmamodelle — •MARKUS BECKER^{1,2}, DETLEF LOFFHAGEN¹ und WERNER SCHMIDT² — ¹INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald — ²Institut für Mathematik und Informatik, Universität Greifswald, Friedrich-Ludwig-Jahn-Str. 15a, 17487 Greifswald

Zur theoretischen Beschreibung von anisothermen Entladungsplasmen werden vielfach Fluid-Poisson-Modelle verwendet, die aus den Kontinuitätsgleichungen für die Ladungsträger und neutralen Spezies gekoppelt mit der Energiebilanz für die Elektronen und der Poisson-Gleichung zur Bestimmung des elektrischen Potentials bestehen. Das numerische Lösen eines solchen Systems mit Standarddiskretisierungsverfahren, wie zentrale Differenzen und die Galerkin-Finite-Elemente-Methode (Galerkin-FEM), führt bei großen Péceletzahlen zu numerisch instabilen, unphysikalischen Ergebnissen. Um dieses Problem zu umgehen, wurde eine stabilisierte Petrov-Galerkin-FEM zur Lösung des Differenzialgleichungssystems entwickelt und bezüglich Konsistenz und Konvergenz analysiert. Die Untersuchungen erfolgten am Beispiel des Zündvorgangs einer anormalen Argonglimmentladung mit einem Elektrodenabstand von 1 cm und einem Druck von 1 Torr unter Berücksichtigung von Kontinuitätsgleichungen für die Elektronen, positiv geladenen Ionen und summarisch angeregten Argonatome. Die Ergebnisse der zeitlichen Entwicklung der Entladung werden diskutiert und mit Resultaten aus stabilen Finite-Differenzen- und Finite-Volumen-Verfahren verglichen.

P 14.5 Do 15:30 2E

Zum Einfluss von Randbedingungen bei der Modellierung von Glimmentladungsplasmen — ●MARKUS BECKER^{1,2}, DETLEF LOFFHAGEN¹ und WERNER SCHMIDT² — ¹INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald — ²Institut für Mathematik und Informatik, Universität Greifswald, Friedrich-Ludwig-Jahn-Str. 15a, 17487 Greifswald

Um Glimmentladungen in Argon zu beschreiben, wurde ein Fluid-Poisson-Modell adaptiert, dass die Poisson-Gleichung für das elektrische Potenzial, die Kontinuitätsgleichungen für die Elektronen, Ar⁺- und Ar₂⁺-Ionen und 12 Neutralgaszustände des atomaren und molekularen Argons sowie die Energiebilanzgleichung der Elektronen umfasst. Für die eindeutige Lösbarkeit dieses Systems partieller Differentialgleichungen sind zusätzlich geeignete Randbedingung vorzugeben, die entsprechend der physikalischen Situation zu wählen sind. Dabei wird vielfach angenommen, dass die Teilchendichte oder der Teilchendichtegradient an den Wänden verschwindet. Im Rahmen dieses Beitrags wird der Einfluss dieser Randbedingungen auf das raum- und zeitabhängige Verhalten von Argon-Niederdruckentladungen zwischen planaren Elektroden diskutiert und durch Vergleich mit Ergebnissen von Modellrechnung bewertet, die die von Hagelaar et al. [1] vorgestellten Reflexionsbedingungen an den Elektroden verwenden.

[1] G.J.M. Hagelaar, F.J. de Hoog und G.M.W. Kroesen, Phys. Rev.

E 62 (2000) 1452-1454

P 14.6 Do 15:45 2E

MHD-Simulation der Lichtbogenbewegung in schalterähnlicher Geometrie — ANDREAS HAUSER und ●SYLVIO KOSSE — Siemens AG, CT PS5, Günther-Scharowsky-Str. 1, 91050 Erlangen

In elektrischen Schaltanlagen wird der Abschaltvorgang maßgeblich durch Lichtbögen und deren Verlöschen realisiert. Im Niederspannungsbereich wird die Löschung des Lichtbogens dadurch erreicht, dass der Lichtbogen in ein Paket von Löschblechen getrieben wird. An den Löschblechen entstehen dann zusätzliche Kathoden- und Anodenfallspannungen, so dass die nötige Lichtbogenbrennspannung größer als die angelegte Spannung ist.

In diesem Beitrag wird zunächst die Simulation der beiden Teilprobleme Elektromagnetik und Gasdynamik erläutert. Es werden die gekoppelten Grundgleichungen der Fluid- und der Elektrodynamik in 3D numerisch gelöst. Als Eingangsgrößen gehen dabei die elektrischen und thermodynamischen Transportgrößen wie z.B. elektrische Leitfähigkeit und Wärmeleitfähigkeit sowie spezifische Wärmekapazität und Viskosität ein. Anschließend werden die erhaltenen Simulationsergebnisse für eine reale Schaltergeometrie experimentellen Ergebnissen gegenübergestellt.

P 15: Niedertemperaturplasmen, Plasmatechnologie II

Zeit: Donnerstag 14:30–16:00

Raum: 2G

P 15.1 Do 14:30 2G

Spektroskopische Untersuchungen an HF-Quellen für positive Wasserstoffionen — ●ARMIN MANHARD¹, URSEL FANTZ^{1,2}, ALBRECHT STÄBLER², ASDEX UPGRADE NBI TEAM², HENRI GREUNER² und GLADIS TEAM² — ¹Lehrstuhl für Experimentelle Plasmaphysik, Universität Augsburg, Universitätsstraße 1, 86135 Augsburg — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Boltzmannstraße 2, 85748 Garching

Für die Neutralteilchenheizung an bestehenden Fusionsexperimenten werden meistens Quellen für positive Wasserstoffionen verwendet. Am Fusionsexperiment ASDEX Upgrade und am Materialteststand GLADIS des IPP werden dafür hochfrequenzangeregte Niederdruckplasmen verwendet. Mittels optischer Emissionsspektroskopie wurden die beiden im Aufbau verschiedenen Typen untersucht, um den Zusammenhang zwischen den Arbeitsparametern der Ionenquelle (HF-Leistung, Extraktionsspannung, Gasdruck) und den Plasmparametern in der Quelle sowie der Ionenspeziesverteilung im extrahierten Ionenstrahl zu untersuchen. Die Elektronentemperatur und -dichte sowie der Dissoziationsgrad in der Ionenquelle wurden durch absolut und relativ kalibrierte spektroskopische Messungen bestimmt. Die Ionenspeziesverteilung im extrahierten Strahl wurde mit Hilfe von H_α-Dopplerspektroskopie untersucht. Dabei wurden die oben genannten Arbeitsparameter der Ionenquellen in einem weiten Bereich variiert. Ferner wurde der Betrieb in Wasserstoff und Deuterium verglichen. Die Ergebnisse der Untersuchungen werden diskutiert und gegenübergestellt.

P 15.2 Do 14:45 2G

Verdampfung und Schichtwachstum von Cäsium auf verschiedenen Oberflächen in Wasserstoffplasmen — ●SIMON KÖNIG¹, URSEL FANTZ^{1,2}, ROBERT MERKLE³ und MARTIN BALDEN² — ¹Lehrstuhl für Experimentelle Plasmaphysik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, 85748 Garching — ³Anwenderzentrum für Material- und Umweltforschung, Universität Augsburg, 86135 Augsburg

Cäsium wird in Quellen für negative Ionen zur Erzeugung von H-Ionen eingesetzt. Es dient dabei der Erniedrigung der Austrittsarbeit der Oberflächen im Bereich des Extraktionsgitters und damit der Erhöhung der H-Ausbeute. Da in bestehenden Quellen für negative Ionen keine systematischen Untersuchungen der Cäsiumoberflächen möglich sind, wurden diese an einem Laborexperiment durchgeführt. Dabei handelt es sich um einem induktiv gekoppeltes HF-Plasma mit, zu den Ionenquellen, vergleichbaren Plasmparametern. Die Austrittsarbeit von den mit Cäsium bedeckten Oberflächen (Cu, Mo, W) soll dabei in Abhängigkeit von der Schichtdicke bestimmt werden. Dabei liegt, im Gegensatz zu bisherigen Untersuchungen auf diesem Gebiet,

kein Ultrahochvakuum vor, sondern ein Vakuum von etwa 10-5 mbar und keine hochreinen Oberflächen, also Bedingungen, wie sie auch in Quellen für negative Ionen zu finden sind. Desweiteren wird das Schichtwachstum von Cäsium auf verschiedenen Oberflächen und unter verschiedenen Plasmabehandlungen beobachtet. Die Ergebnisse der Messungen werden vorgestellt und diskutiert.

P 15.3 Do 15:00 2G

PECVD Abscheidung von C-Si Gradientenschichten auf Metallen — ●BENEDIKT NIERMANN, JANINE SCHAUER, AZADEH HOSSEINI BADA KHSHANI und JÖRG WINTER — Institut für Experimentalphysik II, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum, Germany

Für viele Anwendungen, die hohe Anforderungen an die Belastbarkeit und Lebensdauer von Bauteilen stellen, bietet sich Diamond-like Carbon (DLC) im Bereich der Oberflächenbeschichtung an. DLC ist dabei nicht nur durch gute Korrosions- und Abriebsfestigkeit gekennzeichnet, sondern kann aufgrund chemischer Inertheit und Biokompatibilität gerade auch im Bereich medizinischer Implantate eingesetzt werden. Problematisch beim Einsatz von DLC ist die unzureichende Haftung dieser Schichten auf den meisten Metallen.

Ein viel versprechender Lösungsansatz ist die Verwendung einer Übergangsschicht zwischen Substrat und DLC-Schicht, um sowohl eine stärkere Haftung der Schicht auf dem Substrat zu erreichen, als auch eine Reduktion des inneren Stresses in der Schnittstellenregion. Hierfür bietet sich amorphes hydriertes Silizium (a-Si:H) als Haftvermittler an, da es durch die Bildung von Silicid-Bindungen die Adhäsion von DLC auf Metallen deutlich verbessern kann. Dies wird anhand gradueller Übergängen von a-Si:H nach DLC auf Nickel-Titan Formgedächtnislegierungen untersucht. Die Charakteristika und Zusammensetzung der Schichten werden in situ mit Hilfe von Ellipsometrie untersucht, sowie durch ex situ - Ellipsometrie und Messungen der Abriebsfestigkeit ergänzt. Erste Ergebnisse dieser Verfahren werden vorgestellt.

P 15.4 Do 15:15 2G

Depth profiling and quantification of Oxygen PIII modified Titanium — ●MARTIN POLAK¹, ANTJE QUADE¹, HARTMUT STEFFEN¹, ANDREAS OHL¹, KLAUS-DIETER WELTMANN¹, MARION QUAAS², and HARM WULFF² — ¹Leibniz Institute for Plasma Science and Technology e.V. (INP), Greifswald, Germany — ²University of Greifswald - Institute of Biochemistry, Greifswald, Germany

To a large extent the performance characteristics of titanium is determined by the properties of the titanium oxide layer on its surface. Thus methods are of great interest, which allow to modify and to control the properties of this oxide and of the transition region from the oxide to the bulk material. Here we report results of plasma immer-

sion ion implantation (PIII) experiments using oxygen as a working gas. The aim of these experiments was to replace the naturally grown oxide layer which is undefined by chemical composition by a pure oxide layer. By varying the pulse - pause ratio the deposited power and the related temperature of the sample changes and a transition between pure PIII and PIII with oxygen in depth diffusion could be obtained. The modification and thickness of the TiO₂ layer were investigated with GIXRD and XPS depth profiling. For the first time a quantification of the modified subsurface was tried by measuring the Ti 2p peak with XPS at a higher resolution. The in depth concentration of the different titanium oxidation stages (Ti(0), Ti(II), Ti(III) and Ti(IV)) could be estimated. These XPS depth profiles fit quiet well with the GIXRD pattern. The results were also compared with the results from the untreated titanium subsurface and TRIM simulations.

P 15.5 Do 15:30 2G

Oberflächenmodifizierung von Polyethylen mittels Plasma in einem Wendelförderer — ●MEIKE QUITZAU, MATTHIAS WOLTER und HOLGER KERSTEN — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität Kiel, Leibnizstraße 11-19, 24098

Polyethylen (PE) ist ein Standardmaterial zur Herstellung von Folien, Isolierungen, Verpackungsmaterialien und Füllstoffen. Da PE eine unpolare hydrophobe Oberfläche besitzt, muss diese vor der Verarbeitung modifiziert werden.

Die Modifizierung von PE-Pulver kann zum Beispiel mittels Plasma in einem Wendelförderer erfolgen und bewirkt so eine Verbesserung der hydrophilen Eigenschaft der Pulverteilchen. Bei der Plasma-behandlung wird die Oberfläche aktiviert und es bilden sich polare funktionellen Gruppen, die eine Verbesserung der Benetzbarkeit zur Folge haben. Die Hydrophilierung der PE-Oberfläche kann durch Kontakwinkelmessung und die Bildung von funktionellen Gruppen auf der

Oberfläche mittels XPS nachgewiesen werden.

Es wird gezeigt, dass PE sowohl in Pulverform als auch als Folie im Wendelförderer plasmabehandelt werden kann. Als Plasmaquelle dient eine Hohlkathodenglimmentladung. Die Modifizierung der PE-Oberfläche wird in Abhängigkeit von verschiedenen Prozessgasen (Ar, N, CO₂, H₂O) und Behandlungsdauern untersucht. Desweiteren werden die zeitliche Stabilität und die Ortsabhängigkeit der Plasmabehandlung studiert.

P 15.6 Do 15:45 2G

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

Gegenstand der Untersuchungen ist das elektrodennahe Plasma und die RF-Randschicht kapazitiv gekoppelter asymmetrischer Hochfrequenzentladungen (13,56 MHz). Mittels phasenaufgelöster optischer Emissionsspektroskopie wurden atomare optische Übergänge von Sauerstoff (844 und 777 nm), Wasserstoff (656 nm) und Argon (751 und 842 nm) untersucht. Die räumlich (axial) und zeitlich aufgelösten Emissionsintensitäten lassen vier charakteristische Anregungsmechanismen erkennen: Elektronenstoßanregungen infolge Schichttheizung, Sekundärelektronenemission und Feldumkehr sowie Anregungen durch Schwerteilchenstöße. Aus den Emissionsintensitäten werden mithilfe von effektiven Lebensdauern Anregungsraten berechnet. Die für unterschiedliche Prozessparameter ermittelten raum-zeitlich aufgelösten Anregungsraten zeigen z.B. die Abnahme der Randschichtdicke mit steigendem Druck oder den Übergang vom α - zum γ -Mode der Entladung. Weiterhin kann deutlich auf eine Modulation des Ionenstroms auf die RF-Elektrode mit der RF-Phase geschlossen werden. Diese Modulation hängt ebenfalls stark vom Druck ab.

P 16: Schwerionen- und lasererzeugte Plasmen I

Zeit: Donnerstag 16:30–19:00

Raum: 3D

P 16.1 Do 16:30 3D

Electron Acceleration in a Capillary — ●ANTONIA POPP¹, JENS OSTERHOFF¹, THOMAS ROWLANDS-REES², ZSUZSANNA MAJOR^{1,3}, MATTHIAS FUCHS^{1,3}, BENJAMIN MARX^{1,3}, RAINER HÖRLEIN^{1,3}, LASZLO VEISZ¹, ULRICH SCHRAMM⁴, STEFAN BECKER³, BERNHARD HIDDING⁵, GEORG PRETZLER⁵, DIETRICH HABS³, FLORIAN GRÜNER¹, FERENC KRAUSZ^{1,3}, SIMON HOOKER², and STEFAN KARSCH¹ — ¹Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Garching, Germany — ²Clarendon Laboratory, University of Oxford, UK — ³Lehrstuhl für experimentelle Kernphysik, Ludwig-Maximilian-Universität München, Germany — ⁴Forschungszentrum Dresden-Rossendorf, Germany — ⁵Institut für Laser- und Plasmaphysik, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Germany

Electron acceleration in a laser-driven plasma wakefield is a promising approach to reduce the size and costs of accelerating structures. Field gradients in plasmas can be on the TV/m scale and electron bunches are inherently ultrashort (theory predicts several femtoseconds). In the experiment described here the electron beam is generated by focusing 25 TW laser pulses into a gas-filled capillary discharge waveguide. Quasi-monoenergetic electron bunches with energies as high as 500 MeV can be detected, with features reaching up to 1 GeV, albeit with large shot-to-shot fluctuations. Alternatively, parameters can be optimized to provide highly stable electron beams but at lower energies. Low energy fluctuations and excellent pointing stability (2 mrad rms) render these electron bunches suitable for first experiments demonstrating XUV undulator radiation from laser accelerated electrons.

P 16.2 Do 16:45 3D

Ly-spectra of dense, laser-induced Li-Plasmas — ●SONJA LORENZEN, GERD RÖPKE, and AUGUST WIERLING — Institut für Physik, Universität Rostock, Germany

Laser-induced plasmas are a bright source for EUV light. The Ly- α line of LiIII at 13.5 nm is of particular interest to EUV-lithography. In this talk we present results for the width and broadening of the Ly- α line based on a quantum statistical approach. In particular, the role of pressure broadening for the line profile is discussed. Improvements for the static ionic microfields are developed beyond the Hooper scheme.

Taking into account radiation transport within an one-layer approximation, density and temperature conditions are inferred for various experimental measurements. In order to estimate the conversion rate, the complete Ly-spectrum is determined for the conditions of a typical laser-induced plasma.

P 16.3 Do 17:00 3D

K-line profiles in laser produced dense plasmas — ●ANDREA SENGEBUSCH, HEIDI REINHOLZ, and GERD RÖPKE — Universität Rostock, Institut für Physik, 18051 Rostock, Germany

The features of X-ray spectral lines have been investigated by irradiation of solid targets with intense ultra-short pulse laser beams. The emitted K-line spectra can be used to determine plasma parameters and fields in regions beneath the laser created hot plasma layer.

A theoretical treatment of spectral line profiles on the level of a static plasma potential is applied on mid-Z materials. Hartree-Fock-calculations of ionic configurations verify a blue shift due to excitation and ionization. Calculations based on a self-consistent ion sphere model show a density, temperature and charge dependent red shift due to plasma polarization. These shifts range up to some eV and appear as an additional line broadening if spectral resolution is of the same order or worse. Moreover, line broadening due to the created electric and magnetic fields within the plasma has to be considered. A more fundamental approach based on the dielectric function in a Green function formalism can describe line shift as well as line broadening. First results due to this approach are shown.

P 16.4 Do 17:15 3D

Temperaturmessungen an lasergeheizten Hohlraumtargets — ●THOMAS HESSLING¹, GABRIEL SCHAUMANN², DENNIS SCHUMACHER², MARKUS ROTH² und D.H.H. HOFFMANN² — ¹Gesellschaft für Schwerionenforschung mbH — ²Technische Universität Darmstadt

Ein Forschungsschwerpunkt der Plasmaphysikgruppe an der GSI Darmstadt ist die Messung des Energieverlusts schwerer Ionen in Plasmen. Neben Experimenten mit direkt durch den Laser geheizten Folien, wie sie bisher durchgeführt wurden, kann auch mit indirekt geheizten Hohlräumen gearbeitet werden. Diese bieten den Vorteil ei-

nes homogenen Plasmas sowie der Volumenheizung mit inkohärenter Röntgenstrahlung und dadurch potentiell dichteren, großvolumigeren Plasmen.

Ein zu diesem Zweck aufgebautes Targetlabor ermöglicht die Fertigung entsprechender Goldhohlräume in verschiedenen Formen. In kürzlich am Hochenergie-Lasersystem *nhelix* durchgeführten Experimenten konnte erfolgreich der zeitabhängige Temperaturverlauf eines aufgeheizten Kugelhohlraums gemessen werden. Diese Ergebnisse sollen hier präsentiert werden.

P 16.5 Do 17:30 3D

Energieverlust von Schwerionenstrahlen in lasererzeugten Plasmen — ●ALEXANDER FRANK¹, ABEL BLAZEVIC², MARKUS ROTH¹, DIETER H.H. HOFFMANN^{1,2}, RENATE KNOBLOCH-MAAS¹, MARC GÜNTHER¹, KNUT HARRES¹, THOMAS HESSLING^{1,2}, DIRK MÜSSIG¹, FRANK NÜRNBERG¹, ANKE OTTEN¹, ALEXANDER PELKA¹, GABRIEL SCHAUMANN¹, ALEXANDER SCHÖKEL¹, MARIUS SCHOLLMEIER¹, DENNIS SCHUMACHER¹ und JÖRG SCHÜTRUMPF¹ — ¹TU Darmstadt — ²Gesellschaft für Schwerionenforschung mbH

An der Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI) in Darmstadt werden Experimente zur Wechselwirkung von Schwerionen mit lasererzeugten Kohlenstoffplasmen durchgeführt. Mit dem verwendeten *nhelix*-Lasersystem (Energie 50J, 10ns FWHM, Wellenlänge 1.064 μm) werden Plasmen mit Temperaturen von über 100 eV und Elektronendichten bis zu 10^{23} cm^{-3} erzeugt und mit Ionen aus dem Linearbeschleuniger UNILAC geprobt.

Es werden neue Ergebnisse aus Energieverlustmessungen von Argon- und Kalzium-Ionen mit einer Energie von 4 MeV/u in solchen Plasmen präsentiert. Eine Erhöhung des Energieverlustes im Plasma gegenüber kalter Materie wurde mit hoher Präzision nachgewiesen und durch theoretische Untersuchungen zu Ladungszuständen und Ladungsverteilung von Argon-Ionen in Kohlenstoffplasmen ergänzt.

P 16.6 Do 17:45 3D

Modellierung des Energiespektrums laserbeschleunigter Protonen — ●KNUT HARRES¹, FRANK NÜRNBERG¹, MARIUS SCHOLLMEIER¹, ABEL BLAZEVIC², KATE LANCASTER³, DAVID CARROLL⁵, KEITH MARKEY⁴, MARC QUINN⁵, PAUL MCKENNA⁵, SATJA KAR⁴, MATT ZEPF⁴, DAVID NEELY³ und MARKUS ROTH¹ — ¹TU Darmstadt, Darmstadt, Deutschland — ²Gesellschaft für Schwerionenforschung, Darmstadt, Deutschland — ³CLF, Rutherford Appleton Laboratory, Didcot, UK — ⁴Queens University, Belfast, UK — ⁵University of Strathclyde, Glasgow, UK

Laserbeschleunigte Ionenstrahlen sind durch ihre sehr guten Strahleigenschaften interessant geworden für verschiedenste Anwendungen. Ein Beispiel ist die Einkopplung in eine konventionelle Beschleunigerstruktur, die in Zukunft an der GSI in Darmstadt verwirklicht werden soll. Ein noch zu lösendes Problem stellt das Energiespektrum der Ionen dar, dass einen exponentiellen Verlauf aufweist, d.h. die Energiebreite beträgt nahezu 100%. Zur Formung des Energiespektrums speziell für Protonenstrahlen hin zu einer geringeren Energiebreite wurden Experimente am Vulcan Laser des Rutherford Appleton Laboratory durchgeführt. Durch Defokussierung des Strahls wurde die Maximalenergie der Protonen reduziert, dafür aber der Gesamtstrom der Protonen mit moderaten Energien bis maximal 10 MeV erhöht. Die zweite Methode war der Einsatz zweier CPA Laser in einem Schuss. Das Intensitätsverhältnis betrug 1 zu 10, der zeitliche Abstand 2 ps. Dies ermöglicht die Erhöhung der Protonenanzahl bei hohen Teilchenenergien durch die Erzeugung hoher Ströme von heißen Elektronen.

P 16.7 Do 18:00 3D

Expansionseigenschaften laserbeschleunigter Protonenstrahlen — ●MARIUS SCHOLLMEIER¹, KNUT HARRES¹, FRANK NÜRNBERG¹, ABEL BLAZEVIC², ERIK BRAMBRINK³, JUAN C. FERNANDEZ⁴, KIRK A. FLIPPO⁴, B. MANUEL HEGELICH⁴, HARTMUT RUHL⁵ und MARKUS ROTH¹ — ¹TU Darmstadt — ²GSI, Darmstadt — ³Ecole Polytechnique, Paris — ⁴LANL, New Mexico, USA — ⁵Ruhr-Universität Bochum

Die multi-MeV Ionenbeschleunigung von der Rückseite einer mit einem intensiven Laserpuls ($I > 10^{18} \text{ W/cm}^2$) bestrahlten dünnen Folie ist ausgezeichnet durch eine hohe Teilchenzahl von über 10^{12} Partikel pro Puls, kurzer Pulsdauer (ns) sowie extrem niedriger Emittanz der Ionenstrahlen und hat das Potential für vielfältige Anwendungen, von der Plasmadiagnostik bis zur Verwendung als kompakter Vorbeschleuniger für Synchrotrons.

Der Vortrag gibt einen Überblick über unsere Aktivitäten; so konnte zum Beispiel mit Hilfe von rückseitig mikrostrukturierten Targetfolien, abbildender Radiochromic Film Spektroskopie, 2D-Particle-In-Cell Simulationen sowie einem empirischen Expansionsmodell die Protonenstrahlen einiger Hochenergie-Hochintensitätslasersysteme rekonstruiert, sowie die Expansion treibenden elektromagnetischen Felder ermittelt werden. Die Beschleunigung des Großteils der Protonen zeigt ein universelles Verhalten nahezu unabhängig von Laser- und Targetparametern, was zur Motivation der Entwicklung eines neuartigen Laser-Ionenvorbeschleunigers an der GSI geführt hat.

P 16.8 Do 18:15 3D

Wechselwirkung ultrakurzer Laserpulse mit Dielektrika: Modellierung des Elektron-Loch-Plasmas beim dielektrischen Durchbruch — ●HELENA KRUTSCH¹, BAERBEL RETHFELD² und DIETER H.H. HOFFMANN^{1,3} — ¹TU-Darmstadt, 64289 Darmstadt — ²TU-Kaiserslautern, 67663 Kaiserslautern — ³GSI, 64220 Darmstadt

Bei Bestrahlung mit intensiven ultrakurzen Laserstrahlen verändern sich die optischen Eigenschaften eines dielektrischen Materials. Dies geschieht wegen der im Material durch Multiphoton- und Stoßionisation entstehenden freien Elektronen. Nach dem Drude-Modell hängt die dielektrische Funktion von der Dichte der freien Elektronen ab. Nähert sich die freie Elektronendichte der kritischen Plasmadichte, so steigt das elektrische Feld im Inneren des Materials und das Dielektrikum wird stark absorbierend. In dieser Arbeit wird das Zusammenspiel der zeitlichen Änderung der freien Elektronendichte und der dielektrischen Materialparameter berechnet. Wir lösen ein System von Boltzmann-Gleichungen, wobei jeder betrachtete Prozess über ein vollständiges Stoßintegral berechnet wird.

P 16.9 Do 18:30 3D

Electron Acceleration in the Bubble Regime with a multi TW sub-10fs OPCPA System — ●KARL SCHMID^{1,2}, FRANZ TAVELLA¹, LASZLO VEISZ¹, SOFIA BENAVIDES¹, RAPHAEL TAUTZ¹, ULLRICH SCHRAMM⁴, BERNHARD HIDDING⁶, ANDRIUS MARCINKEVICIUS³, MICHAEL GEISSLER⁵, JÜRGEN MEYER-TER-VEHN¹, DIETRICH HABS², and FERENC KRAUSZ¹ — ¹Max-Planck-Institut fuer Quantenoptik, Hans-Kopfermann-Strasse 1, 85748 Garching, Germany — ²Department für Physik der LMU München, Am Coulombwall 1, 85748 Garching, Germany — ³IMRA America Inc., 1044 Woodridge Avenue, Ann Arbor, Michigan 48105, USA — ⁴Forschungszentrum Dresden-Rossendorf e. V., Bautzner Landstraße 128, 01328 Dresden, Germany — ⁵Queen's University Belfast, Belfast BT7 1NN (UK) — ⁶Heinrich-Heine-Universität Duesseldorf, Universitaetsstrasse 1, 40225 Duesseldorf, Germany

We present the first experimental realization of a relativistic laser-plasma electron accelerator that is able to directly access the so-called bubble regime. In contrast to earlier experiments the ultrashort laser pulses applied in this experiment provide 50 mJ on target at pulse durations of 8.5 fs. These pulses, generated by a novel ultra broadband non-collinear OPCPA, allow us to operate in the bubble regime without relying on self modulation of the laser pulse in the plasma, producing electron energies of up to 35 MeV. We present first experimental evidence of more stable operation of the electron acceleration process and of improved efficiency due to less background of low energy electrons in the electron beam.

Beitrag P 16.10 wurde abgesagt.

P 17: Hauptvortrag

Zeit: Freitag 11:00–11:30

Raum: 2G

Hauptvortrag P 17.1 Fr 11:00 2G
Plasma-Abscheidung elastischer und biokompatibler Verschleißschutzschichten auf Nickel-Titan-Formgedächtnislegierungen — ●JANINE-CHRISTINA SCHAUER und JÖRG WINTER — Lehrstuhl für Experimentaphysik II, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum, Deutschland

Durch seine herausragenden mechanischen Eigenschaften als Formgedächtnislegierung (FGL) ist der Einsatz von NiTi im biomedizinischen Bereich in Form von Implantaten oder auch Werkzeugen wünschenswert. Eine breite Anwendung von NiTi-FGL wird jedoch nach wie vor eingeschränkt einerseits durch die Freisetzung toxischer Nickel-Ionen in das umliegende Gewebe und andererseits durch ho-

hen adhäsiven Verschleiß. Eine Beschichtung dieses Materials mit einer biokompatiblen Verschleißschutzschicht schützt das Körpergewebe bzw. die Körperflüssigkeiten vor dem direkten Kontakt mit NiTi und sorgt für eine deutliche Minderung des Verschleißes. Die Herausforderung besteht darin, dass eine solche Beschichtung auch unter den starken Formveränderungen der FGL nicht versagen darf. Es wurde ein Schichtsystem auf Si-C-Basis entwickelt, welches die Voraussetzungen, biokompatibel und verschleißfest zu sein, erfüllt. Das Schichtsystem wird mittels eines Plasma-Verfahrens auf NiTi abgeschieden und umfangreich hinsichtlich Belastbarkeit und Dehnbarkeit untersucht. Die Untersuchungen zeigen viel versprechende Ergebnisse für den Einsatz dieses Schichtsystems auf NiTi-FGL.

P 18: Hauptvortrag

Zeit: Freitag 11:30–12:00

Raum: 2G

Hauptvortrag P 18.1 Fr 11:30 2G
Wolfram als Wandmaterial im Fusionsreaktor ? Plasma-Wand Experimente im Tokamak ASDEX Upgrade — ●ARNE KALLENBACH — Max-Planck-Institut f. Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, D-85748 Garching

Mit dem Baubeginn des internationalen Tokamakexperimentes ITER ist die Diskussion um das am besten geeignete Wandmaterial für einen Fusionsreaktor neu belebt worden. Während für die Startphase in ITER auch CFC und Beryllium verwendet werden, ist für die spätere Hochleistungsphase Wolfram (W) vorgesehen. Dieses Element ist derzeit auch Hauptkandidat für einen zukünftigen Fusionsreaktor. Wolfram ist ein (positives wie negatives) Extrem bezüglich der beiden wesentlichen Wand-Materialeigenschaften im Fusionsreaktor: die Aus-

beuten für physikalische Zerstäubung sind sehr klein, aber die Strahlungsverluste pro Ion im Plasma sind sehr hoch.

Im Garching Tokamak ASDEX Upgrade werden derzeit weltweit erstmalig die Plasmaeigenschaften bei vollständiger Wandbedeckung mit Wolfram untersucht. Nach einer Einführung in die physikalischen Grundlagen von Zerstäubung und Strahlung von hoch-Z Elementen werden experimentelle Ergebnisse hierzu vorgestellt. Wie aufgrund der steilen Temperaturabhängigkeit der Wolfram-Erosion erwartet, zeigen W-Strahlungsverluste und -konzentrationen starke Variationen für unterschiedliche Plasmabedingungen. Die Minimierung des Wolframgehaltes für Plasmaszenarien mit hohen Zentraltemperaturen erweist sich als anspruchsvolle Aufgabe, die nur im Zusammenspiel verschiedener Aktuatoren lösbar ist.

P 19: Plasma-Wand-Wechselwirkung III

Zeit: Freitag 12:00–13:00

Raum: 2E

P 19.1 Fr 12:00 2E
Comparative 3D magnetic and edge transport modeling for TEXTOR-DED and DIII-D limiter configurations — ●HEINKE FRERICH¹, OLIVER SCHMITZ¹, DEREK HARTING¹, TODD EVANS², ILON JOSEPH³, and DETLEV REITER¹ — ¹Institut für Energieforschung - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich, Association EURATOM-FZJ, Trilateral Euregio Cluster — ²General Atomics, San Diego, California, USA — ³University of California, San Diego, CA 92093, USA

Resonant magnetic perturbations (RMP) are applied in some tokamaks (e.g., TEXTOR-DED, DIII-D, JET) to control particle and heat flux in the plasma edge layer. Furthermore, RMPs can be used to mitigate edge localized instabilities, so called ELMs. The application of RMPs induces an open chaotic system at the plasma edge, thus leading to a complex 3D magnetic field structure.

3D field line tracing and transport codes provide flexible tools to investigate the impact of RMPs on particle and heat transport, in particular for comparisons between experiments. We apply the 3D field line tracing code GOURDON and the 3D transport code EMC3-EIRENE to conditions in the DIII-D tokamak. Both codes have already been successfully applied and tested at the TEXTOR-DED tokamak. In this contribution a detailed analysis of the perturbed magnetic field geometry and its effect on plasma and neutral transport will be given for a DIII-D limiter scenario. An RMP induced poloidal modulation of plasma parameter is found, similar to both TEXTOR-DED simulations and experiments. The correlation between magnetic footprint and particle and heat depositon pattern at divertor targets is investigated.

P 19.2 Fr 12:15 2E
Measurements with The Fast Repetitive Multi-Pulse Edge Thomson Scattering System on TEXTOR — ●EVREN UZGEL¹, MIKHAIL KANTOR³, HENNIE VAN DER MEIDEN², ALBRECHT POSPIESZCZYK¹, BERNHARD UNTERBERG¹, and ROGER JASPERS²

— ¹IEF-Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich, 52425 Jülich — ²FOM-Institute for Plasma Physics Rijnhuizen, Nieuwegein — ³Ioffe Institute, RAS, Saint Petersburg

A fast repetitive multi-pulse Edge Thomson Scattering system is in operation since March 2006 and provides a sophisticated tool for the study of transport processes in the edge region of the tokamak TEXTOR. The specially designed viewing optics enables the study of the dynamics of fast plasma phenomena with high spatial resolution at the plasma edge. Various measurements under different plasma conditions were performed where the influence of resonant magnetic perturbations generated by the Dynamic Ergodic Divertor on fast electron transport in the edge region was a point of emphasis. The electron density and temperature profiles obtained will be compared with other edge diagnostics based on different measuring principles.

The system utilizes a ruby laser delivering bursts of 15 pulses each with a pulse energy of about 15 J. The TEXTOR plasma itself is inside the laser cavity where the double-pass system allows high laser energies of each laser pulse through the plasma. The edge system (170 mm) has 98 spatial channels of 1.7 mm each. The lower detection limit of the edge system for T_e is observed to be 30 eV.

P 19.3 Fr 12:30 2E
In-situ-Messung des kodeponierten Wasserstoffinventars eines Graphitlimiters in TEXTOR mittels LDS — ●FLORIAN IREK, BERND SCHWEER, SEBASTIJAN BREZINSEK, ALBRECHT POSPIESZCZYK, VOLKER PHILIPPS und ULRICH SAMM — Forschungszentrum Jülich, IEF-Plasmaphysik, 52425 Jülich

Die Kodeposition von Wasserstoff in a-C:H-Schichten kann in ITER zum Überschreiten des maximal erlaubten Tritiuminventars führen. Diagnostiken zur Messung des Inventars werden zur Zeit entwickelt. Eine flexible, lokale in-situ Meßmethode ist die Laserdesorptions-spektroskopie (LDS). Dabei wird mittels laserinduzierter thermischer

Desorption (Nd:YAG, 1064 nm, $700 \text{ MW/m}^2 \times 1.5 \text{ ms}$) die gewählte Oberfläche einige $10 \mu\text{m}$ tief ausgegast und der Wasserstoff nach Anregung im Plasma spektroskopisch (H_α) quantitativ gemessen.

An TEXTOR wurde das Wasserstoffinventar in der Graphitoberfläche eines Testlimiters während der Plasmaentladung mit Hilfe der LDS gemessen. Für (akkumulierte) Expositionszeiten zwischen 0.5 s und 30 s wurde das Inventar bestimmt. Die Nachweisgrenze von $< 5 \times 10^{14} \text{ D}$ wird durch Fluktuationen des H_α -Lichts bestimmt. Die systematische Meßunsicherheit ist dominiert durch die Abschätzung des Anteils des gemessenen Lichts an der Gesamtemission. Die Kalibrierung der spektroskopischen Messung erfolgte an Wasserstoffflüssen, die mittels laserinduzierter thermischer Desorption aus speziell vorbereiteten Proben mit bekanntem Inventar freigesetzt wurden.

P 19.4 Fr 12:45 2E

Spektroskopische Beobachtung der Targetplatten des Dynamisch Ergodischen Divertors am Tokamak TEXTOR — ●M. CLEVER, S. BREZINSEK, M. JAKUBOWSKI, M. LEHNEN, A. POSPIESZCZYK, O. SCHMITZ, B. SCHWEER, U. SAMM und DAS TEXTOR TEAM — Institut für Energieforschung - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, Assoziation EURATOM-FZJ, Trilaterales Euregio Cluster, D-52425 Jülich

Die Wechselwirkung des Plasmas mit der Gefäßwand ist ein Schlüsselthema der heutigen Fusionsforschung. Am Tokamak TEXTOR ist es möglich den Plasmarand mit Hilfe des Dynamischen Ergodischen Divertors (DED) gezielt zu beeinflussen. Das Störfeld des DED führt dabei zur Ausbildung einer Magnetfeldstruktur entsprechend der des helikalen Divertors in Stellaratoren. Das Verständnis der physikalischen Eigenschaften eines solchen Divertors wie Wasserstoffrecycling, Detachment und das Abschirmen von Verunreinigungen bei verschiedenen Plasmaszenarien ist ein vorrangiges Ziel der Plasmarandschichtphysik und der hier vorgestellten Diagnostik.

Hierfür wurde ein optisches Detektionssystem bestehend aus mehreren CCD-Kameras aufgebaut, welches der spektral selektiven, zweidimensionalen Beobachtung der Divertortargetplatten dient. Beobachtet werden sowohl atomare Spektrallinien - die Balmer Serie von Deuterium bzw. Wasserstoff, als auch molekulare Spektralbänder, wie die Fulcherbande von Deuterium, sowie zusätzlich verschiedene atomare Kohlenstoffübergänge (CI, CII, CIII). Der optische Aufbau der Diagnostik sowie erste Messungen mit dem neuen System werden gezeigt.

Hierfür wurde ein optisches Detektionssystem bestehend aus mehreren CCD-Kameras aufgebaut, welches der spektral selektiven, zweidimensionalen Beobachtung der Divertortargetplatten dient. Beobachtet werden sowohl atomare Spektrallinien - die Balmer Serie von Deuterium bzw. Wasserstoff, als auch molekulare Spektralbänder, wie die Fulcherbande von Deuterium, sowie zusätzlich verschiedene atomare Kohlenstoffübergänge (CI, CII, CIII). Der optische Aufbau der Diagnostik sowie erste Messungen mit dem neuen System werden gezeigt.

P 20: Schwerionen- und lasererzeugte Plasmen II / Sonstiges

Zeit: Freitag 12:00–13:00

Raum: 2G

P 20.1 Fr 12:00 2G

Orts- und zeitaufgelöste Bestimmung der Elektronendichte in lasererzeugten Plasmen mittels Multiframe-Interferometrie — ●ALEXANDER PELKA¹, THOMAS HESSLING^{1,2}, CLEMENS LIEBIG¹, MARKUS ROTH¹, GABRIEL SCHAUMANN¹ und ALEXANDER SCHÖKEL¹ — ¹TU Darmstadt — ²GSI Darmstadt

An der Gesellschaft für Schwerionenforschung wird unter Anderem die Wechselwirkung schneller schwerer Ionen mit lasererzeugten Plasmen untersucht. Ein wesentlicher Parameter bei dieser Wechselwirkung ist die Dichte freier Elektronen im Plasma. Dieser Parameter hängt stark mit der Expansionscharakteristik zusammen und variiert deshalb räumlich wie zeitlich stark. Um eine genaue und vollständige Kenntnis der Dichteverteilung im Plasma zu erhalten wurde ein Multiframe-Laserinterferometer entwickelt und aufgebaut. Dabei wird ein Laserpuls durch einen Ring in bis zu sechs Pulse mit einem konstantem Abstand von etwa 1,5 ns aufgespalten. Jeder dieser Pulse erlaubt zu einem Zeitpunkt eine orts aufgelöste Messung der Elektronendichte mit einer Auflösung von etwa $20 \mu\text{m}$. So kann bei einem einzigen Schuss die Elektronendichte zeitlich und räumlich bestimmt werden.

P 20.2 Fr 12:15 2G

Bestimmung der Intensität relativistischer Laserplasmen mittels Kernaktivierungsmethoden — ●MARC GÜNTHER und MARKUS ROTH — Institut für Kernphysik der TU Darmstadt, Germany

In diesem Beitrag wird eine nukleardiagnostische Methode zur Bestimmung der Peakintensität eines fokussierten intensiven kurzen Laserpulses vorgestellt.

Ein fokussierter hochintensiver Laserpuls wechselwirkt mit einem Festkörpertarget. In dem sich ausbildenden relativistischen Laserplasma entsteht ein relativistischer Elektronenjet mit Energien, welche weit oberhalb der Schwelle für Nuklearreaktionen liegen. Diese Elektronen im Peakintensitätsbereich des Laserfokus werden im Target abgebremst und führen zu hochenergetischer Bremsstrahlung im Bereich von 10 MeV und mehr. Die Gammastrahlung verursacht zahlreiche Photo-Nuklearreaktionen. Ein geeignetes Target-Design und eine geeignete Wahl an Targetmaterialien sind die Grundlagen der hier vorgestellten Nukleardiagnostik zur Bestimmung der fokussierten Laserintensität am Wechselwirkungsort.

Mit der hier vorgestellten nukleardiagnostischen Methode soll eine möglichst exakte Bestimmung der Peakintensität des Lasers erreicht werden. Die Methode und der aktuelle Stand der Forschung werden vorgestellt.

P 20.3 Fr 12:30 2G

Radiografie mit hochenergetischen Teilchenstrahlen — ●NINA MÜLLER¹, DAVID FERNENGEL¹, DMITRY VALENTSOV², DIETER H. H. HOFFMANN¹, ALEXANDER GOLUBEV³, VLADIMIR TURTIKOV³ und ALEXANDER FERTMAN³ — ¹TU Darmstadt — ²GSI, Darmstadt — ³ITEP, Moskau

1995 zuerst in Los Alamos verwendet, löste die Protonenradiografie die Radiografie mit Röntgenstrahlung als Diagnostikverfahren ab. Entscheidend dabei waren sowohl die große freie Weglänge hochenergetischer Protonen in Materie als auch die Möglichkeit, den Protonenstrahl mit Hilfe elektromagnetischer Felder zu steuern.

Die an der GSI entwickelte Software IonTrack simuliert Radiografie-Experimente, wobei nicht nur Strahlintensität und Materialeigenschaften, sondern auch die Strahloptik berücksichtigt werden.

Am ITEP in Moskau, wo ein geeigneter Protonenstrahl zur Verfügung steht, wurden verschiedene Experimente zur Überprüfung der Simulationsergebnisse durchgeführt. Die Resultate dieser Experimente werden vorgestellt und diskutiert.

P 20.4 Fr 12:45 2G

RCF Imaging Spektroskopie von laserbeschleunigten Protonen — ●FRANK NÜRNBERG¹, MARIUS SCHOLLMEIER¹, KNUT HARRIS¹, ABEL BLAZEVIC², KIRK FLIPPO³, MANUEL HEGELICH³, CORT GAUTIER³, ERIK BRAMBRINK⁴, PATRICK AUDEBERT⁴ und MARKUS ROTH¹ — ¹TU Darmstadt — ²GSI Darmstadt — ³Los Alamos National Laboratory, USA — ⁴LULI, Ecole Polytechnique, Palaiseau, France

Bei der Wechselwirkung von Hochintensitätslasern ($> 10^{18} \text{ W/cm}^2$) mit Targetfolien werden Protonen auf Energien von über 60 MeV beschleunigt. Dieser Effekt der Targetrückseitig emittierenden Protonen wird durch das TNSA-Modell der Ionenbeschleunigung beschrieben. Anwendungsgebiete dieser Strahlen erstrecken sich von Protonenradiographie über die Möglichkeit als Treiber in der Trägheitsfusion bis hin zum Injektor für ein Synchrotron.

Die RCF Imaging Spektroskopie ermöglicht es, mit Hilfe eines radiochromatischen Filmdetektors und mikrostrukturierten Targetfolien Aussagen über Öffnungswinkel, Quellgröße, Divergenz und transversale Emittanz zu treffen, um so den Strahl genauer zu charakterisieren. Durch Stapelanordnungen dieser Filme erhält man energieaufgelöste Messungen, die mit einem Bildverarbeitungsalgorithmus zu einer dreidimensionalen, orts- und energieaufgelösten Darstellung des lasererzeugten Protonenstrahls führt. Bei einem Vergleich von verschiedenen Filmstapeln stellte sich ein universelles Verhalten des Strahls heraus, unabhängig von Targetmaterial und Form der Folienvorderseite.

P I: Poster: Staubige Plasmen, Dichte Plasmen

Zeit: Dienstag 8:30–10:30

Raum: Poster C3

P I.1 Di 8:30 Poster C3

Probability of Metastable States in Yukawa Clusters — ●HANNO KÄHLERT, PATRICK LUDWIG, and MICHAEL BONITZ — CAU zu Kiel, ITAP, Leibnizstraße 15, D-24098 Kiel

The ground states of spherical, trapped Yukawa clusters are well known from molecular dynamics (MD) and Monte Carlo simulations [1,2]. In this contribution we focus on metastable states which are frequently observed under typical experimental conditions of spherical dust crystals [3]. Using MD the annealing process is simulated to investigate the probabilities of finding metastable states in a system of $N=27$ and $N=31$ particles. It is shown that slow cooling favours the ground state over metastable states. Further we show that the screening length strongly affects the results compared to Coulomb interaction.

As a second approach an analytical theory based on the classical canonical partition function with an harmonic approximation [4] is performed and allows to gain insight into the mechanism being responsible for the occurrence probabilities in thermodynamic equilibrium. The results show that only a small interval of parameters is capable of explaining the experimental findings.

- [1] P. Ludwig, S. Kosse, M. Bonitz, Phys. Rev. E 71, 46403 (2005)
- [2] H. Baumgartner et al., submitted for publication
- [3] D. Block et al., Experiments on metastable states of three-dimensional trapped particle clusters, submitted to Phys. Rev. Letters
- [4] F. Baletto and R. Ferrando, Rev. Mod. Phys. 77, No. 1, (2005)

P I.2 Di 8:30 Poster C3

Dimensionality effects on the emergence of superdiffusion in Yukawa liquids — ●TORBEN OTT¹, MICHAEL BONITZ¹, ZOLTAN DONKÓ², and PETER HARTMANN² — ¹CAU zu Kiel, ITAP, Leibnizstraße 15, D-24098 Kiel — ²Research Institute for Solid State Physics and Optics, Hungarian Academy of Sciences, P. O. Box 49, H-1525 Budapest

A three-dimensional Yukawa liquid exhibits normal self-diffusion which is characterized by Fick's law and a time-independent diffusion coefficient D [1]. This quantity can be evaluated from the Einstein relation, $D = \langle r(t)^2 \rangle / 6t$. If however the mean-squared displacement $\langle r(t)^2 \rangle$ grows faster than linearly with time, the diffusion coefficient is not well defined and the systems exhibits superdiffusive behaviour. Recently, superdiffusion has been observed in two-dimensional Yukawa liquids [2]. In this contribution we enter into the question about the occurrence of superdiffusion in the transition-region from a purely three-dimensional to a quasi 2D system [3] where one dimension is confined. As indicators for superdiffusion, the long-time behaviour of the velocity autocorrelation function as well as the time-dependence of the mean-squared displacement are employed. The investigation is carried out by classical molecular dynamics simulations.

- [1] H. Ohta and S. Hamaguchi, Phys. Plasmas 7, 4506 (2000)
- [2] B. Liu and J. Goree, Phys. Rev. E 75 016405 (2007)
- [3] Z. Donkó, P. Hartmann and G. J. Kalman, Phys. Rev. E 69 065401 (2004)

P I.3 Di 8:30 Poster C3

Phase transitions in mesoscopic dust clusters — ●HENNING BAUMGARTNER¹, DANIEL ASMUS¹, VOLODYMYR GOLUBNYCHY², and MICHAEL BONITZ¹ — ¹Institute for Theoretical Physics and Astrophysics, University Kiel, Leibnizstr. 15, 24118 Kiel — ²Max Planck Institute for Coal Research

Dust crystals, so called Yukawa balls, are due to their relatively easy observation in experiments a field of great interest and can serve as a model system for strong correlation phenomena. The dust particles under parabolic confinement arrange themselves in a nested shells structure, similar to ions in Paul- and Penningtraps, with specific shell population depending on the system parameters, the total number of particles, the temperature and the screening.

Computer simulations allows one to study the influence of these system parameters on stable configurations not easily performed in experiments. Here we use Molecular dynamics simulations to describe the effect of the screening on the ground state configurations of mesoscopic ($N \leq 60$) clusters. The stability of these ground state configurations against finite temperature effects is then analyzed by classical Monte Carlo simulations. The systematic investigation results in an overview of the ground state configurations over a wide range of screening. The

phase transitions, which are understood as a qualitative alteration of the cluster structure, are determined by the frequency of occurrence of the different ground and metastable states of the systems [1].

- [1] H. Baumgartner, D. Asmus, P. Ludwig, V. Golubnychiy and M. Bonitz, to be published

P I.4 Di 8:30 Poster C3

Structural properties and phase transitions of Yukawa tubes — ●KEVIN TIERNEY¹, HENNING BAUMGARTNER², ALEXEI FILINOV², GABOR KALMAN¹, and MICHAEL BONITZ² — ¹Department of Physics, Boston College, 140 Commonwealth Ave, Chestnut Hill, MA 02467-3804 — ²Institute for Theoretical Physics and Astrophysics, University Kiel, Leibnizstr. 15, 24118 Kiel

Dusty plasmas are of great interest not only because they can give some new insights into plasma physics but also because they can serve as a model system for fluid dynamics and solid state physics. As a result of the highly charged dust particles, these systems become strongly correlated and often arrange in interesting structures [1]. Here, we investigate a one component Yukawa plasma limited in radial movement by a parabolic confinement potential but unrestricted in the lateral direction. This system is an expansion of the 2-d plasma crystal experiments [2], where the particles form a layer of nested ring structures. The presented structures, similar to those of Carbon nanotubes are unique in the chains created laterally which were found to be dependent on the density, the screening parameter in the Yukawa interaction. The effect of finite temperature on the stability of these structures is analyzed and compared with 2-d clusters.

- [1] O. Arp, D. Block, A. Piel, and A. Melzer, Phys. Rev. Lett. 93, 165004 (2004)
- [2] A. Melzer, V.A. Schweigert, I.V. Schweigert, A. Homann, S. Peters, and A. Piel, Phys. Rev. E 54(1):46 (1996)

P I.5 Di 8:30 Poster C3

Staubdynamik in der Randschicht magnetisierter Plasmen — ●JAN CARSTENSEN, FRANKO GREINER, SASCHA KNIST und ALEXANDER PIEL — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität Kiel, 24098 Kiel

In der Literatur finden sich verschiedene Effekte, die eine Rotationsbewegung geladener Staubteilchen in der Randschicht eines magnetisiertem Plasmas antreiben, abhängig davon, ob man einzelne Staubteilchen oder 2D Coulomb Cluster betrachtet. Im Fall einzelner Teilchen wird vermutet [1], dass die Lorentzkraft für die Rotationsbewegung verantwortlich ist, während Coulomb Cluster in einem vertikalen Magnetfeld in eine starre oder verscherte Rotation versetzt werden können. Simulationen zeigen [2], dass eine ExB-Drift zu einer azimuthalen Ionenströmung führt, welche stark genug ist, einen Coulomb-Cluster in Rotation zu versetzen. Es werden Experimente in der Randschicht einer Parallelplattenentladung mit axialem Magnetfeld vorgestellt. Dabei steht besonders der Übergang vom Einteilchen- zum Mehrteilchensystem im Vordergrund. Es wird der Einfluss der äußeren Parameter wie Gasdruck, Teilchenzahl und Magnetfeldstärke auf die Rotationsbewegung untersucht.

- [1] W.E. Amatucci et al., PoP 11(2004)
- [2] Y. Wang et al., Thin Solid Films (2006)

P I.6 Di 8:30 Poster C3

Positionsbestimmung von Partikeln aus holographischen Aufnahmen (DIH) — ●STEPHAN HARMS, MATTIAS KROLL, DIETMAR BLOCK und ALEXANDER PIEL — CAU Kiel, 24098 Kiel

Um dynamische Prozesse in dreidimensionalen Staubwolken zu untersuchen ist es notwendig die 3-D Positionen aller Partikel gleichzeitig zu messen. Aktuelle Ergebnisse [1] zeigen, dass die digitale Inline-Holographie (DIH) prinzipiell eine geeignete Methode hierzu darstellt. Für die Auswertung von Hologrammen, d. h. ihre numerische Rekonstruktion und die anschließende Partikelerkennung, ist die Güte des Hologramms ausschlaggebend. In diesem Beitrag werden experimentell aufgenommene Hologramme eines einzelnen Partikels mit synthetisch konstruierten Daten verglichen, um quantitative Aussagen zur Qualität der Hologramme zu machen. Der Einfluss des Signal-Rausch-Verhältnisses sowie die Anzahl detektierbarer Interferenzringe auf die Positionsbestimmung werden bewertet. Möglichkeiten zu Verbesserung der Genauigkeit der Partikelpositionen durch Bewertung des komple-

nen Wellenfeldes werden diskutiert.

[1] M. Kroll, P 45

P I.7 Di 8:30 Poster C3

Messung der Potentialstruktur eines magnetisierten anodischen Plasmas — ●TORBEN REICHSTEIN, IRIS PILCH und ALEXANDER PIEL — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität, D-24098 Kiel

Es ist möglich, in magnetisierten anodischen Plasmen Staubwolken einzufangen. Hierbei werden die Teilchen in einem Gleichgewicht aus Gewichtskraft, Ionenwindkraft und elektrischer Feldkraft gehalten. Ab einem gewissen Parameterbereich eines magnetisierten anodischen Plasmas ($p=5\text{Pa}$, $B=50\text{mT}$) entstehen innerhalb der Staubwolken mit genügend großen Teilchenzahlen Voids, die zu einer Ausbildung von torusförmigen Strukturen vor der Anode führen. Dieses Verhalten ist vergleichbar mit der Ausprägung von Voids in Staubwolken unter Schwerelosigkeit. Von entscheidender Bedeutung für dieses Phänomen ist hierbei das Confinement der Wolke. Zu diesem Zweck wird mit Hilfe einer emissiven Sonde ein 2D-Scan der vorliegenden Potentialstruktur des Bereichs des Wolkeneinschlusses vor der Anode durchgeführt. Aus diesem Potentialverlauf sind Rückschlüsse auf die für den Einschluss verantwortlichen Kräfte möglich. Hierzu werden erste Messungen präsentiert.

P I.8 Di 8:30 Poster C3

Experimentelle Untersuchungen zu Staubdichtewellen im PKE — ●KRISTOFFER MENZEL, OLIVER ARP und ALEXANDER PIEL — IEAP, CAU Kiel, 24098 Kiel

Selbsterregte Staubdichtewellen werden in einem quasi-dreidimensionalen staubigen Plasma bei niedrigen Neutralgasdrücken und hohen Staubdichten in der Randschicht einer Hochfrequenzentladung (PKE) beobachtet. Mittels Videomikroskopie mit einer Hochgeschwindigkeitskamera wird eine Sequenz von Bildern aufgenommen. Die räumliche und zeitliche Entwicklung des beobachteten Wellenfeldes wird dann mit Hilfe von Fouriermethoden analysiert. Insbesondere gibt die Phasenlage der einzelnen Bildpunkte Auskunft über kohärente Bereiche. Mit einer Biasmodulation wird versucht, die Eigenschaften der Wellen zu beeinflussen. Weiterhin werden in diesem Beitrag Experimente vorgestellt, bei denen die eingefangene Staubwolke durch den Strahlungsdruck eines Lasers gezielt manipuliert wird. Ein möglicher Einfluss auf die selbsterregten Wellen wird diskutiert.

Gefördert durch DLR unter 50WM0739

P I.9 Di 8:30 Poster C3

Wirbelbildung in der Nähe einer vorgespannten Elektrode in einem staubigen Plasma — ●DAVID CALIEBE, OLIVER ARP und ALEXANDER PIEL — IEAP, CAU Kiel, D-24098 Kiel

Die Ausbildung von Wirbelbewegungen der Staubteilchen in einem komplexen Plasma wurde bereits mehrfach sowohl im Labor [1] als auch unter Mikrogravitationsbedingungen [2] beobachtet. Der Mechanismus, der diese Wirbel antreibt, ist noch teilweise unverständlich [3]. In diesem Beitrag werden Experimente vorgestellt, bei denen mit Hilfe einer vorgespannten Elektrode in einem 2D staubigen Plasma in der Randschicht einer Hochfrequenzentladung Wirbelströmungen angeregt werden. Insbesondere wird dabei das Augenmerk auf die zeitliche Entwicklung der Wirbeldynamik gerichtet. Die Bewegung der Partikel wird quantitativ mit Hilfe von Particle Tracking Velocimetry (PTV) untersucht. Aus dem gemessenen Geschwindigkeitsfeld wird das auf den Staub wirkende Kraftfeld abgeleitet. Gefördert durch DLR unter 50WM0739.

[1] Law et al., Phys. Rev. Lett. 80, 4189 (1998). [2] Goedheer et al., Phys. Rev. E 67, 056405 (2003). [3] Rubin-Zuzic et al., New J. Phys. 9, 0039 (2007).

P I.10 Di 8:30 Poster C3

Selbsterregte Staubdichtewellen unter Schwerelosigkeit — ●OLIVER ARP, KRISTOFFER MENZEL und ALEXANDER PIEL — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität Kiel, 24098 Kiel

Selbsterregte Staubdichtewellen in einem staubigen Plasma werden unter Mikrogravitationsbedingungen auf Parabelflügen in einer Hochfrequenzentladung beobachtet. Mit Hilfe von Hochgeschwindigkeits-Videomikroskopie werden die Staubdichtefluktuationen aufgenommen und mit Fourier-Methoden analysiert. Die beobachtete schräge Ausbreitungsrichtung der Wellen in Bezug auf die vorherrschende Ionenströmung wird mit einem Fluidmodell [1,2] erklärt. Weitere Schwer-

punkte der Analyse liegen auf Untersuchungen zum Existenzbereich der Wellen in Abhängigkeit der Entladungsparameter und die dreidimensionale Gestalt des Wellenfeldes. Gefördert durch DLR unter 50WM0739.

[1] Piel et al., Phys. Rev. Lett. 97, 205009 (2006)

[2] Piel et al., Phys. Rev. Lett. 99, 209903 (2007)

P I.11 Di 8:30 Poster C3

Driftwellen und staubmodifizierte Driftwellen in DUST-WHEEL* — ●FRANKO GREINER, SASCHA KNIST, JAN CARSTENSEN und ALEXANDER PIEL — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität Kiel, 24098 Kiel

Im Experiment DUSTWHEEL können, abhängig von der Antennen-geometrie und dem gewählten Anpassungsnetzwerk, Dichteprofile unterschiedlicher Form eingestellt werden. Während für die Untersuchung von Driftwellen und deren Vergleich mit Simulationen ein nahezu gaussförmiges Dichteprofil optimal ist, kann dies für Untersuchungen staubmodifizierter Plasmen anders aussehen. Da in staubigen Plasmen in der Regel der Ionenwind für staubfreie Bereiche, sogenannte Voids, im Entladungszentrum sorgt, können hohle Dichteprofile sinnvolle Startzustände zur Untersuchung staubgefüllter magnetisierter Plasmasäulen sein. Die Untersuchung der Dynamik von staubmodifizierten Driftwellen muss deshalb sowohl die Dichte und Potential-Fluktuationen und darin verborgenen kohärenten Strukturen, als auch die Modifikation der Gleichgewichtsprofile durch den Staub berücksichtigen. Dies stellt von experimenteller und theoretischer Seite eine Herausforderung dar.

* gefördert von der DFG im Projekt SFB-TR24 A2

P I.12 Di 8:30 Poster C3

Lasermanipulation von Partikeln in staubigen Plasmen unter Schwerelosigkeit — MATTHIAS WOLTER^{1,2}, ●ANDRE MELZER¹, OLIVER ARP² und ALEXANDER PIEL² — ¹Institut für Physik, Universität Greifswald, Felix-Hausdorff-Str.6, 17487 Greifswald — ²IEAP, Universität Kiel, Olshausenstr. 40-60, 24098 Kiel

Unter Schwerelosigkeit lassen sich ausgedehnte Wolken aus mikrometergroßen Partikeln in einer Gasentladung einfangen. Besonders auffällig ist die Bildung eines großen staubfreien Bereichs (Void) im Zentrum der Entladung unter diesen Bedingungen. Die Entstehung des Voids ist qualitativ verstanden: Das ambipolare elektrische Feld sorgt für eine einwärts gerichtete elektrische Kraft auf die negativen Staubpartikel, die durch den auswärts gerichteten Ionenwind kompensiert wird. Eine quantitative Beschreibung ist wegen des komplizierten Ionenwindes allerdings schwierig.

Hier werden nun Messungen des Kraftgleichgewichts im Void präsentiert. Dabei werden die Partikel an der Voidkante gezielt mit Hilfe eines Laserstrahls in Bewegung versetzt. Aus den Trajektorien der Partikel lassen sich die Kräfte an der Voidkante und im Void quantitativ bestimmen. Die gemessenen Kräfte werden mit den gängigen Modellen des Ionenwindes kritisch verglichen.

Diese Arbeit wird gefördert durch das DLR unter 50WM0338 und 50WM0738.

P I.13 Di 8:30 Poster C3

Dynamik von 3D Yukawa-Bällen — YURIY IVANOV und ●ANDRE MELZER — Institut für Physik, Universität Greifswald, Felix-Hausdorff-Str.6, 17487 Greifswald

In partikelhaltigen Gasentladungen lassen sich gezielt dreidimensionale kugelförmige Staubwolken einfangen [1]: Mikrometergroße Partikel bilden geordnete Strukturen auf konzentrischen Kugelschalen. Diese sogenannten Yukawa-Bälle sind ausgezeichnete Systeme zur Untersuchung der Struktur und Dynamik von kondensierter Materie.

Die Partikel werden mit einer hochauflösenden Stereoskopie-Einheit beobachtet, aus der die 3D-Positionen der Partikel mit hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung gemessen werden können [2]. Damit lassen sich dann Untersuchungen zur Dynamik dieser Systeme durchführen.

Aus der thermischen, Brownschen Bewegung der Partikel um ihre Gleichgewichtslage wird das Modenspektrum bestimmt. Dazu werden sowohl Techniken der Normalmodenanalyse als auch der Singularwertzerlegung angewandt. Aus den dynamischen Eigenschaften lassen sich gezielte Informationen zur Stabilität der Yukawa-Bälle und zu den Einfangbedingungen ableiten.

Diese Arbeit wird gefördert durch die DFG unter SFB TR24, Projekt A3.

[1] O. Arp et al., Phys. Rev. Lett 93 (2004) 165004.

[2] S. Käding et al., Beitrag auf dieser Konferenz

P I.14 Di 8:30 Poster C3

Untersuchungen zu Transportprozessen in staubigen Plasmen mittels Tracer-Partikel — ●SIMON HÜBNER und ANDRÉ MELZER — Ernst-Moritz-Arndt Universität, Greifswald

Zur Untersuchung der Langzeitdynamik in staubigen Plasmen sind Tracer-Partikel sehr vorteilhaft, um das Problem der Identifizierung zu umgehen. In einer Niederdruck-RF-Entladung wird ein fluoreszenzmarkiertes Teilchen in einen 2D-Staubkristall eingebracht und durch ein 2-Kamerasytem simultan mit dem Staubkristall optisch verfolgt. Die in das Plasma eingekoppelte Leistung bestimmt über Wechselwirkungen zwischen Ionen, Elektronen und Staubteilchen den Grad der Unordnung des Staubkristalls. Verschiedene Leistungsregime können nun mit Hilfe des Tracer-Partikels zur Untersuchung der Bewegung und Beweglichkeit der Staubteilchenspezies genutzt werden. Die etwa mikrometergroßen Partikel weisen hierbei interessante Bewegungen auf. Ungeordnete Geschwindigkeiten im Bereich von $\mu\text{m/s}$ bis mm/s und eine gesamte Rotation des Staubkristalls können so beobachtet werden und erlauben Rückschlüsse auf Transporteigenschaften des Staubkristalls. Diese Untersuchung wird gefördert von der DLR unter 50WM0738.

P I.15 Di 8:30 Poster C3

Struktur und Stabilität von Yukawa-Bällen — ●SEBASTIAN KÄDING und ANDRÉ MELZER — Institut für Physik, Universität Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 6, 17487 Greifswald

In eine Gasentladung eingebrachte Mikropartikel laden sich durch den Einstrom von Ionen und Elektronen stark negativ auf und bilden unter dem Einfluß externer und interner Kräfte geordnete Strukturen. Seit kurzem lassen sich auch dreidimensionale Systeme wie Yukawa-Bälle gezielt erzeugen, bei denen die Partikel auf konzentrischen Kugelschalen angeordnet sind. Yukawa-Bälle eignen sich hervorragend zur Untersuchung von Materie auf der Ebene individueller Teilchen.

Zur Diagnostik verwenden wir die stereoskopische Videomikroskopie, die eine hohe räumliche und zeitliche Auflösung bei der Bestimmung der 3D-Partikeltrajektorien gestattet.

Aus der Bewegung der Partikel auf den Schalen und Übergängen zwischen den Schalen können fundamentale Fragen zur Struktur und zu energetischen Eigenschaften des Grundzustands und der metastabilen Zustände studiert werden. Außerdem soll untersucht werden, ob die Partikelzahl eines Plasmakristalls bei sonst gleichen Bedingungen die Stabilität durch Ladungsträgerverarmung im Plasma beeinflusst. Diese Arbeit wird gefördert von der DFG unter SFB TR 24, Projekt A3.

P I.16 Di 8:30 Poster C3

Staubige Plasmen in starken Magnetfeldern: Erste Untersuchungen — ●TOBIAS MIKSCH¹, ANDRÉ MELZER¹ und ALEXANDER PIEL² — ¹Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt-Universität, Felix Hausdorff Str. 6, 17489 Greifswald — ²Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität, Leibnitzstr. 19, 24098 Kiel

Bisher wurden Experimente mit staubigen Plasmen meist ohne zusätzliche magnetische Felder durchgeführt.

Der Staub eines staubigen Plasmas ist typischerweise elektrisch negativ geladen, meist mit 1000 - 10000 Elementarladungen für ein Mikrometerpartikel. Wenn man nun ein staubiges Plasma in einem Magnetfeld zündet, sollte dieses Feld Auswirkungen auf Elektronen, Ionen und die Staubpartikel haben. Wenn das Feld stark genug ist, kann erwartet werden, dass man Gyrationbahnen des Staubes beobachten kann. Des weiteren könnten interessante Wellenphänomene in der Staubspezies auftreten.

Hier wird der Aufbau und erste Ergebnisse eines Experimentes vorgestellt, bei dem ein staubiges Plasma in ein Magnetfeld von bis zu 6 Tesla gebracht wird.

Dieser Beitrag wird gefördert von der DFG unter SFB-TR 24 Projekt A2 und A3.

P I.17 Di 8:30 Poster C3

Langmuir probe measurements in dusty plasmas — ●ANTONINA IVANOVA and ANDRÉ MELZER — Institut für Physik, Universität Greifswald

Since the 1990s, the physics of dusty plasmas has attracted the attention of investigators due to its various interesting phenomena. However, the direct measurement of the fundamental parameters of dust particles, like the charge are difficult. Under these circumstances, indirect methods allowing to retrieve the physical parameters of the plasma

environment are of special importance. Here, we present the results of Langmuir probe measurements in a dust crystal formation region of an rf-discharge. The dust influence on an rf-plasma is assessed by repeating of the measurements with and without dust. The obtained quantities are compared to other investigations.

P I.18 Di 8:30 Poster C3

Generation of SiCN nano particles in an inductively coupled plasma — ●ANGELO CONSOLI and ACHIM VON KEUDELL — Arbeitsgruppe Reaktive Plasmen, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum

Particles produced in plasmas are of key interest in many applications. For example, particles with diameters smaller than 10nm will exhibit quantum effects and may serve as quantum dots or embedded in an amorphous matrix may induce photoluminescence. The combination of reactive precursor gases, such as silane, acetylene and ammonia will generate silicon carbon nitride (SiCN) particles, which cannot be produced in standard chemical equilibrium processes. SiCN is an important semiconductor with interesting physical characteristics, such as hardness, oxidation, and corrosion resistance. Particles consisting of SiCN may serve as carriers for nanodisperse catalysts or can be used in optical applications as luminescent dots. The problem however, is to tailor particles characteristics such as particle diameter and particle composition in a controlled way. We will show first results of the generation of small SiCN particles in an inductively coupled plasma. The particles will be extracted from the plasma volume by means of electric fields and deposited on a silicon wafer. This enables us to examine the particles ex-situ by means of AFM. The plasma chemistry leading to particle formation will be followed time-resolved via molecular-beam mass spectrometry.

P I.19 Di 8:30 Poster C3

Study of powder formation in pulsed and continuous rf processing plasmas using TDLAS — ●HOANG TUNG DO and RAINER HIPPLER — Institut für Physik, Universität Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 6, 17489 Greifswald, Germany

The time dependence of argon metastable density was investigated in pulsed and continuous processing rf plasmas with Ar/C₂H₂ and Ar/CH₄ gas mixtures by means of tunable diode laser spectroscopy. The density of argon metastable state is sensitive for the dust formation and the change of dust density and size as well as reactive gas density and composition. The metastable density therefore can be used as the indicator for the time evolution of dust generations and the dust formation onset which is inaccessible with laser scattering method. The significant difference between pulsed and continuous plasmas is the "off phase" in pulsed mode where negative ions can escape while dust particles can not and be recharged later on in the "on phase". The role of negative ions in the growth dynamics of dust particles in processing plasmas is clarified by comparing the time dependence of metastable density in pulsed and continuous plasmas.

P I.20 Di 8:30 Poster C3

Zustandsgleichung für dichte, stark gekoppelte Plasmen — ●JAN VORBERGER¹, KATHRIN WUENSCH¹, DIRK. O. GERICKE¹ und WOLF-DIETRICH KRAEFT^{2,3} — ¹Centre for Fusion, Space and Astrophysics, Dep. of Physics, University of Warwick, Coventry, CV4 7AL, UK — ²Institut für Physik, E.-M.-Arndt-Universität Greifswald, 17487 Greifswald — ³Institut für Physik, Universität Rostock, 18051 Rostock

Es wird ein Hybrid-Ansatz für die Zustandsgleichung dichter Plasmen vorgestellt, der die quantenstatistische Green-Funktionstechnik mit der klassischen Integralgleichungsmethode (HNC) kombiniert. Damit sind quantenmechanische Austauscheffekte und starke Korrelationen (vor allem zwischen den Ionen) berücksichtigt. In den HNC-Rechnungen wird ein Quanten-Potential (Kelbg) verwendet. Die entsprechenden Korrekturen sind jedoch bis zur gleichen Ordnung wie der Montroll-Ward Term analytisch bekannt und Doppelzählungen sind damit einfach zu vermeiden.

Die Vorteile dieses Hybrid-Modells liegen vor allem darin, daß es (i) für alle Teilchendichten anwendbar ist und (ii) für geringe und hohe Dichten die richtigen Grenzresultate liefert. Im Zwischenbereich sind die Plasmen stark gekoppelt. Diese Korrelationen werden durch die HNC-Rechnungen voll berücksichtigt. Quanteneffekte sind dagegen nur auf dem Niveau des Montroll-Ward Terms voll enthalten und werden in höheren Ordnungen nur approximativ durch Quanten-Potentiale und eine effektive Temperatur modelliert. Vergleiche mit Quanten-Simulationen (DFT-MD/PIMC) zeigen auch für mittlere Dichten eine überraschend gute Übereinstimmung.

P II: Poster: Niedertemperaturplasmen, Plasmatechnologie

Zeit: Dienstag 11:00–13:00

Raum: Poster C3

P II.1 Di 11:00 Poster C3

Comparison of NO concentration and UV emission in a N₂/O₂ RF discharge. — ●MAALOLAN RAMANUJAM^{1,2}, JAKOB BARZ¹, MICHAEL MUELLER¹, and HERWIG BRUNNER^{1,2} — ¹Fraunhofer Institute for Interfacial Engineering and Biotechnology, Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart, Germany. — ²Institute for Interfacial Engineering (IGVT), Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart, Germany.

Low temperature Plasmas have been used for microbial sterilization and depyrogenization applications. This effect is due to reactive species and UV radiation. This way, in principle, a broad range of thermolabile materials used for food packaging or microsurgical instruments can be sterilized. An effective source of UV radiation in the plasma is excited Nitric oxide (NO*), which is formed using Nitrogen and Oxygen as precursors in the plasma. A study was carried out to maximize the NO concentration and the determination of the UV emission intensity. The maximization of NO from N₂/O₂ plasma is determined using laser induced fluorescence. The UV emission was measured using optical emission spectroscopy. A Design of Experiments (DoE) study was performed to maximize the concentration of NO and UV emission by varying several plasma parameters like pressure, power and flows of the precursors. It was found that the NO concentration was maximum around 50% partial pressures of N₂ and O₂. Contrarily, the UV-C emission was maximum at a significant lower partial pressure of O₂ (less than 20%). It is understood that at higher O₂ concentrations the formation of NO is limited by a more pronounced formation of other Oxygen containing species like NO₂ or O₃

P II.2 Di 11:00 Poster C3

Plasmagestützte Schichtabscheidung mittels bipolarem Substratbiasing — ●EVELYN HÄBERLE, JOCHEN KOPECKI, ANDREAS SCHULZ, MATTHIAS WALKER und ULRICH STROTH — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart, D-70569 Stuttgart

Mikrowellen bilden in vielen Gebieten der Plasmatechnologie eine weit verbreitete Technik zur Erzeugung von Plasmen. Die am IPF entwickelte "Duo-Plasmaline" ist eine linear ausgedehnte Plasmaquelle, die auch großflächige Beschichtungen (> 1 m²) ermöglicht. Sie wird in dieser Arbeit genutzt, um isolierende und diffusionshemmende SiO_x-Barrierschichten für Solarzellen herzustellen, die auf ein flexibles Metallsubstrat aufgebracht werden sollen.

Dabei wird durch Substratbiasing das Aufwuchsverhalten der Schicht und deren Eigenschaften beeinflusst, indem durch einen negativen Puls am Substrathalter die schichtbildenden Ionen aus dem Plasma kontrolliert beschleunigt werden. Da Quarz ein isolierendes Material ist und somit keine Ladung über das Substrat abfließen kann, muss auf der Schichtoberfläche ein vollständiger Ladungsausgleich stattfinden. Dies wird durch einen zusätzlichen positiven Spannungspuls realisiert. Um eine größtmögliche Effektivität im Schichtwachstum zu erreichen, wird das Substrat unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Masse der Ionen und Elektronen bipolar gepulst.

Ziel ist es, durch geeignetes Biasing die Schicht an Stellen mit Vertiefungen im Substrat homogen und glättend aufwachsen zu lassen, so dass sich hier keine Defektstellen in der Barrierschicht bilden können. Vorgestellt werden erste Ergebnisse dieser Arbeit.

P II.3 Di 11:00 Poster C3

Entwicklung einer mikrowellenbasierten Atmosphärendruck-Mikroplasmaquelle — ●CHRISTIAN LANGBEIN, ULRICH SCHWEITZER, ANDREAS SCHULZ, MATTHIAS WALKER und ULRICH STROTH — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart, D-70569 Stuttgart

In vielen Bereichen der industriellen Produktion und der Medizin werden zunehmend Plasmen für lokale Behandlungen eingesetzt. Um auch sehr kleine Gebiete behandeln zu können, ist es daher nötig, Plasmen mit geringer Ausdehnung zu erzeugen, die das zu behandelnde Material so wenig wie möglich erhitzen.

Es wurden verschiedene Realisierungen einer solchen Plasmaquelle untersucht. Im ersten Schritt erfolgte dies mit Hilfe von FEM-Simulationen, insbesondere bezüglich der maximal auftretenden elektrischen Feldstärke zur Zündung und den Möglichkeiten zur Abstimmung der Anordnung. Besondere Anforderung an die Mikroplasmaquelle war hierbei, dass ein Betrieb mit einer geringen HF-Leistung bei Atmosphärendruck möglich sein soll. Bei der Behandlung von hitzeempfindlichen Werkstoffen ist es nötig, die Erwärmung durch das

Plasma zu minimieren. Aufgrund dessen wurde ein im MHz-Bereich pulsbarer 2,45 GHz-Generator entwickelt, womit eine Reduzierung der Plasmatemperatur erreicht wird.

Präsentiert werden Messergebnisse an ausgewählten Geometrien, die unter anderem durch optische Emissionsspektroskopie gewonnen wurden.

P II.4 Di 11:00 Poster C3

Untersuchungen zur Skalierbarkeit eines Mikrowellenplasma-brenners bei Atmosphärendruck von 2,45 GHz auf 915 MHz — ●DENNIS KIESLER, MARTINA LEINS, MATTHIAS WALKER, ANDREAS SCHULZ und ULRICH STROTH — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart, D-70569 Stuttgart

Plasmen bei Atmosphärendruck sind für die Plasmatechnologie eine interessante Alternative zu den oft gebräuchlichen Niederdruckplasmen. Für 2,45 GHz wurde bereits ein selbstständig zündendes System auf Resonatorbasis entwickelt und erfolgreich bei Anwendungen eingesetzt. Der Einsatzbereich ist aber über die Größe des Resonators und die zur Verfügung stehende Leistung der Mikrowellenquelle bei 2,45 GHz begrenzt. Die Größe des Resonators und damit des Plasmas kann durch Verwenden einer kleineren Frequenz von 915 MHz erweitert werden.

Mit FEM-Simulationen der Feldverteilung wurde überprüft, ob eine lineare Skalierung auch bei den komplizierteren realen Geometrien anwendbar ist. Es konnte gezeigt werden, dass es sich nicht nur um einen reinen Zylinderresonator handelt, sondern dass für die Zündung vor allem die Resonanz im koaxialen Teil am Boden des Brenners entscheidend ist. Während die Felder linear skalieren, muss untersucht werden wie sich die Eigenschaften des Plasmas verändern. Hierzu werden Kenntnisse über Gastemperatur sowie Elektronendichte und -temperatur benötigt. Es werden erste Messungen mit optischer Emissionsspektroskopie vorgestellt. Bei diesem Projekt handelt es sich um einen Forschungsauftrag des Landes Baden-Württemberg, der aus Mitteln der Landesstiftung Baden-Württemberg gGmbH finanziert wird.

P II.5 Di 11:00 Poster C3

Entwicklung und Charakterisierung einer Mikrowellen-Plasmaquelle bei Atmosphärendruck — ●MARTINA LEINS¹, KLAUS-MARTIN BAUMGÄRTNER², ANDREAS SCHULZ¹, MATTHIAS WALKER¹, UWE SCHUMACHER¹ und ULRICH STROTH¹ — ¹Universität Stuttgart, Institut für Plasmaforschung, D-70569 Stuttgart — ²Muegge Electronic GmbH, D-64385 Reichelsheim

Mikrowellen-Plasmaquellen bei Atmosphärendruck finden unter anderem in vielen Bereichen bei der Behandlung und Umsetzung von unterschiedlichen Gasen eine Anwendung. Als Beispiel wäre der Abbau von für die Umwelt kritischen halogenierten VOC-haltigen Abgasen zu nennen. Die vorgestellte Plasmaquelle beruht auf einem Resonatorprinzip. Mikrowellen der Frequenz von 2,45 GHz werden so effektiv in einen zylinderförmigen Hohlraum eingekoppelt, dass eine lokale hohe elektrische Felderhöhung entsteht und eine Zündung ohne Zündhilfe herbeigeführt werden kann. Ausführliche Simulationen der elektrischen Feldverteilung mit der Simulationssoftware Comsol Multiphysics[®] führten zu einer sehr guten Übereinstimmung zwischen Simulation und Messergebnissen. Die Charakterisierung des Plasmas erfolgt mittels der optischen Emissionsspektroskopie. Übersichtsspektren von Luftplasmen zeigen ein breites Kontinuum sowie N₂⁺-, NO- und OH-Banden. Der A²Σ⁺ - X²Π-Übergang des freien OH-Radikals wurde herangezogen, um die Gasrotationstemperatur von ca. 3600 K im Zentrum des Plasmas zu messen. Weitere spektroskopische Untersuchungen wurden an Argon-Propan-Plasmen vorgenommen.

Diese Arbeit wurde teilweise von BMWi/AiF gefördert.

P II.6 Di 11:00 Poster C3

Untersuchung von plasmapolymersierten Barrierschichten für flexible Dünnschichtsolarmodule mittels in-situ-FTIR — ●JOCHEN KOPECKI, EVELYN HÄBERLE, ANDREAS SCHULZ, MATTHIAS WALKER und ULRICH STROTH — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart, D-70569 Stuttgart

Die plasmagestützte Abscheidung von Barrierschichten ist, u. a. in der Photovoltaik, von großer technologischer Bedeutung. In dieser Arbeit wurden isolierende, diffusionsunterdrückende Schichtsysteme für flexible Dünnschichtsolarmodule mit Mikrowellenplasmen hergestellt.

Zur nicht-destruktiven, kostengünstigen Analytik von Schichtsys-

temen eignet sich die FTIR-Spektroskopie. Eine solche wurde an einen modularen Beschichtungsreaktor adaptiert, so dass mittels In-situ-FTIR die molekulare Zusammensetzung der Schichtsysteme in Abhängigkeit der Prozessparameter während des Abscheideprozesses beobachtet werden kann. Dies ist wichtig, da die Zusammensetzung maßgeblich für Haftung, Flexibilität und Diffusionswirkung der Schicht verantwortlich ist. Unter anderem wurden SiO_x - (SiN_x -) Schichten bei Mischungsverhältnissen $\text{HMDSO}:\text{O}_2$ ($\text{SiH}_4:\text{NH}_3$) von 1:20 bis zu 1:0 untersucht. Bei dünnen Schichten bis zu einigen 100 nm wurde der Berreman-Effekt beobachtet, welcher die Bestimmung makroskopischer Größen wie z. B. der dielektrischen Funktion ermöglicht. Neben der Intensität einzelner Banden spielen Halbwertsbreite und Position eine entscheidende Rolle in der Auswertung der gewonnenen Spektren, da hieraus auf die Struktur der gewachsenen Schicht geschlossen werden kann.

P II.7 Di 11:00 Poster C3

Particle-in-Cell simulations of a Double-Plasma Device — ●FARAH AZIZ, SEBASTIAN ENGE, and ULRICH STROTH — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart, 70569 Stuttgart

Particle-in-Cell simulations are widely used as a computational technique to understand and predict plasma behaviour. In this simulation technique, the motion of a large number of charged particles in their self-consistent electric and magnetic fields is followed. PIC simulations of a Double-Plasma device are carried out, with the objective to study sheaths, plasma waves and soliton dynamics under the influence of a negative ion admixture to an Argon plasma. It is planned to compare calculated ion-velocity-distributions with LIF measurements. A Double-Plasma Device consists of two separate plasmas i.e. source and target plasma, in a common vacuum chamber, but separated from each other by a negatively biased grid. The target plasma is well suited for detailed study of the above phenomena. First PIC simulations of the plasma sheath based on the actual measurements of the parameters will be presented.

P II.8 Di 11:00 Poster C3

Selbstorganisierte Strukturen in dielektrischen behinderten Glimmentladungen — ●LARS STOLLENWERK¹, HANS-GEORG PURWINS² und ULRICH STROTH¹ — ¹Institut für Plasmaforschung, Pfaffenwaldring 31, 70569 Stuttgart — ²Institut für Angewandte Physik, Corrensstraße 2/4, 48149 Münster

Es wird ein Gasentladungssystem mit dielektrischer Barriere untersucht, das aus einem schmalen Entladungsspalt zwischen zwei großflächigen, planaren Elektroden besteht. Die Systemparameter werden so gewählt, daß eine Glimmentladung und keine Funkenentladung gezündet wird. Die Entladung wird in Stromflußrichtung beobachtet, so daß die laterale Strukturierung der Entladung als Leuchtdichte-Verteilung beobachtet werden kann. Zu den wichtigsten beobachteten Strukturen gehören filamentäre Muster, wobei die einzelnen Filamente als teilchenhafte Objekte aufgefaßt werden können, die sich selbständig bewegen oder miteinander wechselwirken können. Das Poster gibt einen Überblick über die wichtigsten Strukturen, deren Zusammenhang im Parameterraum und das bisher gewonnene Verständnis, vor allem im Rahmen numerischer Untersuchungen. Außerdem werden weitergehende Modellansätze zur Musterdynamik gezeigt und neue Meßmethoden und Anwendung in zukünftigen Experimenten vorgestellt.

P II.9 Di 11:00 Poster C3

Langmuir probe measurements in an inductively coupled radio frequency plasma — ●YUSUF CELIK, BEILEI DU, DIRK LUGGENHÖLSCHER, and UWE CZARNETZKI — Institute for Plasma and Atomic Physics, Ruhr University Bochum, 44780 Bochum, Germany

Langmuir probe measurements in an inductively coupled radio frequency plasma in a modified GEC cell in argon and in hydrogen were performed. A double spiral three turn antenna embedded in a quartz cylinder replaces the standard GEC antenna. The electron energy distribution function (EEDF) is inferred via the Druyvesteyn method. Radial profiles of the mean energy and the density of electrons at various pressures and input powers were obtained. The toruslike structure of the poloidal electrical field induced by the antenna is recovered in the energy profiles whereas the density profiles illustrate a Bessel shape.

Furthermore, the variation of the plasma parameter with the exposure time, when a voltage to the probe tip is applied, is shown in order to investigate the perturbation of the plasma by the probe. The plasma potential and the mean energy of electrons increase by increasing the exposure time from 100 microseconds to 100 milliseconds while the

density decreases.

Radial scans of the EEDF allow calculating the spatial distribution of the Balmer- α emission in hydrogen using a corona model. The calculations show a very good agreement with results obtained by a novel optical probe for spatially resolved emission spectroscopy.

P II.10 Di 11:00 Poster C3

Numerical Modeling of Electron Heating in the Plasma Boundary Sheath — ●BRIAN G. HEIL¹, JULIAN SCHULZE¹, THOMAS MUSSENBRÖCK², RALF PETER BRINKMANN², DIRK LUGGENHÖLSCHER¹, and UWE CZARNETZKI¹ — ¹Institut für Experimentalphysik V, Ruhr-Universität Bochum, D-44780 Bochum, Deutschland — ²Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, Ruhr-Universität Bochum, D-44780 Bochum, Deutschland

The stochastic heating of electrons by the RF plasma boundary sheath is not fully understood and is a current research topic. A conceptually simple Monte-Carlo simulation has been developed as an aid in interpreting experimental studies of electron kinetics in the sheath. Energetic electron beams accelerated by the sheath have been observed both experimentally, through the measurement of phase resolved plasma emissions, and with this simulation. At lower pressures, the sheath current and hence the effective sheath edge velocity is modulated by the PSR (Plasma Series Resonance) effect. This non-linear modulation affects the electron beams and is important in understanding stochastic heating.

This research has been supported by: SFB 591, GK 1051.

P II.11 Di 11:00 Poster C3

Electric field reversals in single- and dual-frequency capacitively coupled radio frequency discharges at various pressures — ●J SCHULZE¹, Z DONKO², B HEIL¹, D LUGGENHÖLSCHER¹, T MUSSENBRÖCK³, R P BRINKMANN³, and U CZARNETZKI¹ — ¹Institute for Plasma and Atomic Physics, Ruhr-University Bochum — ²Hungarian Academy of Sciences, Budapest, Hungary — ³Institute for Theoretical Electrical Engineering, Ruhr-University Bochum

The spatio-temporal excitation in asymmetric single and symmetric dual-frequency discharges is investigated experimentally by Phase Resolved Optical Emission Spectroscopy and theoretically by simulations. The single frequency discharge is operated at 13.56 MHz and low pressures (< 1 Pa) in rare gases as well as molecular gases. The dual-frequency discharge is operated at 1.94 MHz + 27.12 MHz and 65 Pa in He-O₂ with small rare gas admixture. In both cases maxima of the excitation rate during sheath contraction are observed indicating a reversal of the electric field. In the dual-frequency case a Particle in Cell (PIC) simulation is performed that reproduces the experimentally observed excitation profiles. It explicitly shows a reversed field at distinct phases. A fluid model using input parameters from the PIC simulation reproduces this scenario. Based on this fluid model the mechanisms leading to a field reversal can be understood. Depending on pressure those are either electron collisions with the neutral background gas, electron inertia, or a combination of both.

Funded by the DFG through SFB591, GRK1051, the Hungarian Scientific Research Fund and supported by Andor Technology.

P II.12 Di 11:00 Poster C3

Investigations on Self-excited Plasma Series Resonance — ●CHRISTOPHER KNIER, JULIAN SCHULZE, DIRK LUGGENHÖLSCHER, KOSTYANTYN POLOZHII, and UWE CZARNETSKI — Institute for Plasma and Atomic Physics, Ruhr-University Bochum

Self-excited Plasma Series Resonances (PSR) are observed in capacitively coupled discharges as high frequency oscillations superimposed on the normal RF current. The high frequency oscillations are generated by a series resonance between the capacitive sheath and the inductance and resistivity of the bulk caused by electron inertia and elastic collisions with the background gas. The non-linearities of the sheath capacities cancel out for symmetric discharges. However, this is not the case for asymmetric discharges, leading to a very complex behaviour and increased power dissipation at low pressures.

A global model using a one-dimensional geometry has been derived. In order to realize one-dimensional discharge conditions experimentally, a cylindrical chamber with a coaxial powered electrode has been setup. Applied diagnostics include different types of current (e.g. SEERS), voltage and Langmuir probes. The measured data are compared to numerical simulations and data from non-cylindrical geometries.

P II.13 Di 11:00 Poster C3

Phase resolved Thomson scattering on an inductively coupled radio-frequency plasma discharge — ●DRAGOS LIVIU CRINTEA, DIRK LUGGENHÖLSCHER, and UWE CZARNETZKI — Institute for Plasma and Atomic Physics, CPST, Ruhr-University Bochum, Germany

In radio-frequency (RF) discharges the electron energy distribution function is expected to be temporally oscillating. This applies to the homogeneous as well as the inhomogeneous part. The oscillation in the homogeneous part, which is of second order, can be observed by monitoring the phase-resolved emission from highly excited states. The observation of the oscillation of the inhomogeneous part is more difficult to probe. Here, for the first time we demonstrate such a measurement by phase-resolved Thomson scattering in an inductively coupled RF at 13.56 MHz in Argon at pressures of 0.5 Pa and 2 Pa. A displaced Boltzmann distribution is measured, where the displacement oscillates with the RF frequency. The displacement corresponds to a collective drift oscillation with velocity amplitudes of the order of 10^5 m/s. It can be fitted well to a sinus at the RF frequency. Further, the time independent plasma density is inferred from the Thomson spectra and so the local current density can be derived. In addition to the oscillatory drift also a small DC drift is observed with velocities in the range of a few 10^4 m/s. This drift increases with decreasing pressure and vanishes effectively at pressures of about 10 Pa. This work is supported in the framework of SFB 591, GK 1051

P II.14 Di 11:00 Poster C3

Die stoßbestimmte Schicht: Stufenmodell vs. exakte Lösung — ●RALF PETER BRINKMANN — Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, Ruhr-Universität Bochum

Der rasche Übergang von Elektronenverarmung zu Quasineutralität in einer Plasmarandschicht wird oft durch die Annahme einer un stetigen Sprungfunktion idealisiert. Formelmäßig: $n_e(x, t) = n_i(x)\theta(x - s(t))$, dabei bezeichnet $\theta(x - s(t))$ den Einheitssprung an der Stelle $s(t)$. Die Auswirkung dieser Approximation wird am Beispiel der HF-modulierten stoßbestimmten Randschicht nach Lieberman untersucht [1]. Im Vergleich zu der numerisch gefundenen exakten Lösung (ohne Stufenapproximation) weist das Modell von Lieberman (mit Stufenapproximation) eine unphysikalische Divergenz der Dichten am Übergang zum Plasmabulk auf. Die abfallenden Spannungen werden nur im Grenzfall starker Modulation korrekt beschrieben, für kleine Modulationen ergeben sich erhebliche Differenzen.

Diese Arbeit wurde gefördert durch SFB 591 und GK 1051.

[1] M.A. Lieberman, IEEE Trans. Plasma Sci. 17, p. 338 (1989)

P II.15 Di 11:00 Poster C3

Electron heating in asymmetric capacitively coupled RF discharges at low pressures — ●J. SCHULZE¹, B. HEIL¹, D. LUGGENHÖLSCHER¹, T. MUSSENBRÖCK², R. P. BRINKMANN², and U. CZARNETZKI¹ — ¹Institute for Plasma and Atomic Physics, Ruhr-University Bochum — ²Institute for Theoretical Electrical Engineering, Ruhr-University Bochum

Despite its enormous relevance for applications, the phenomenon of stochastic electron heating in capacitively coupled RF discharges is not fully understood. A detailed experimental and theoretical investigation of electron heating in such discharges is performed at low pressures (< 10 Pa). Various diagnostics in combination with analytical models and numerical simulations are applied: The electric field in the sheath is measured space and time resolved by Fluorescence Dip Spectroscopy in Krypton. The excitation is investigated using Phase Resolved Optical Emission Spectroscopy. Radially resolved Langmuir probe measurements of electron density, mean energy and energy distribution function are performed. RF voltage and current waveform are measured. The measured electric fields are compared with the results of a fluid sheath model. The spatio-temporal excitation is calculated by a hybrid Monte Carlo simulation. The RF current at low pressures is non-sinusoidal due to the Plasma Series Resonance (PSR), but well described by an analytical model. The generation of energetic electron beams during sheath expansion is observed and described by another analytical model. It is concluded that stochastic heating is closely related to electron beams and the PSR effect.

P II.16 Di 11:00 Poster C3

Anregung von Harmonischen in kapazitiven Hochfrequenzentladungen: Ein räumlich aufgelöstes nichtlineares Modell — ●MARKUS GEBHARDT, DENNIS ZIEGLER, MARTIN LAPKE, MUSTAFA BAYRAK, THOMAS MUSSENBRÖCK und RALF PETER BRINKMANN — Ruhr Universität Bochum

Die Anregung von Harmonischen in kapazitiven Hochfrequenzentladungen ist ein Phänomen hervorgerufen durch die Wechselwirkung zwischen linearem Plasmabulk und nichtlinearer Plasmarandschicht. Dieses Phänomen wurde analytisch bisher auf der Basis globaler und räumlich aufgelöster Modelle unter Berücksichtigung einer quadratischen Näherung der Spannungs-Ladungs-Kennlinie der Plasmarandschicht untersucht. In diesem Beitrag wird ein räumlich aufgelöstes Modell für beliebige Entladungsgeometrien vorgeschlagen, das eine realistische Randschichtdynamik auf der Basis eines konsistenten Randschichtmodells berücksichtigt.

P II.17 Di 11:00 Poster C3

Nichtlineare Ohmsche und stochastische Heizung in kapazitiven Hochfrequenzentladungen — ●THOMAS MUSSENBRÖCK¹, DENNIS ZIEGLER¹, RALF PETER BRINKMANN¹, MICHAEL A. LIEBERMAN² und ALLAN J. LICHTENBERG² — ¹Ruhr Universität Bochum — ²University of California at Berkeley

In kapazitiven Hochfrequenzentladungen sind im Niederdruckbereich (< 10 Pa) zwei Heizprozesse von besonderer Bedeutung: Ohmsche Heizung auf Grund elastischer Stöße von Elektronen mit Neutralen des Hintergrundgases und stochastische Heizung durch Impulstransfer von der hochfrequent oszillierenden Plasmarandschicht auf Elektronen. In diesem Beitrag zeigen wir, dass die Selbsterregung von Harmonischen im HF-Strom auf Grund der nichtlinearen Wechselwirkung zwischen Plasmabulk und Plasmarandschicht starken Einfluss auf die Heizung der Elektronen nimmt. Wir kommen zu dem Ergebnis, dass für eine vollständige Beschreibung der Elektronenheizung die Berücksichtigung nichtlinearer Effekte maßgeblich ist.

P II.18 Di 11:00 Poster C3

An influence of the skin effect on plasma impedance in an inductively coupled RF discharge — ●KOSTYANTYN POLOZHIIY¹ and DMYTRO RAFALSKYY² — ¹Ruhr-Universität Bochum, Bochum, Germany — ²Kharkiv National V. Karazin University, Kharkiv, Ukraine

The phenomenological model of the plasma impedance in an inductively coupled RF discharge with cylindrical geometry is presented. The model takes into account an influence of the skin effect on a distribution of the electromagnetic fields in plasma for both cases of low- and high-density plasmas. Using an approximate formula for the electrical field distribution in the plasma bulk, an analytical solution and the basic expressions for the general electrical characteristics of the inductively coupled RF discharges are obtained. It is shown that a consideration of the plasma as a conductive loop with thickness of a skin-depth order reduces an obtained plasma impedance by factor 2. A preliminary experimental verification of the model results has been done. The results can be useful for further development of the existing models of the plasma impedance in the inductively coupled RF discharges.

P II.19 Di 11:00 Poster C3

Dynamics of E to H Mode Transitions in Inductively Coupled Discharges — ●PHILIPP KEMPKES, JAN TENFELDE, and HENNING SOLTWISCH — Ruhr-Universität Bochum, Universitätsstr. 150, 44780 Bochum, Germany

In order to investigate the dynamics of E to H mode transitions, they are periodically triggered via amplitude modulation of the discharge input power and a range of different diagnostic techniques, such as Langmuir probes, current and voltage probes and induction loop probes, is applied. Measurements are performed at high temporal resolution to match the ten-microsecond timescale the mode transitions typically occur on. We present the evolution of the electron energy distribution function (EEDF) during the E to H and the reverse H to E mode transition together with electrical characteristics and measurements of the rf magnetic field. The EEDF shows an enhanced low-energy part at the onset of both transitions, which is consistent with results, reported earlier [1,2]. The findings are compared to a time-resolved global model, which is supplemented by a semi-analytic calculation of the electromagnetic fields after Turner et. al. [3]. The results indicate that the power coupling efficiency between the power supply and the induction antenna changes considerably during the mode transitions, which might be a reason for the accompanying hysteresis effects, reported frequently.

- [1] P. Kempkes et. al, Plasma Sources Sci. Technol. 15 (2006) 378-83
- [2] S. V. Singh et. al, Appl. Phys. Lett. 89 (2006) 161501
- [3] I. M. El-Fayoumi et. al, J. Phys. D: Appl. Phys. 31 (1998) 3082-94

P II.20 Di 11:00 Poster C3

A retarding field analyzer for arbitrarily biased substrates in reactive plasmas — ●TIM BALONIAK and ACHIM VON KEUDELL — Ruhr-Universität Bochum, Bochum, Germany

Thin film deposition is one important application of modern plasma physics. Plasma ions are accelerated in the plasma sheath and impinge onto a growing film surface. The ion energy distribution function (IEDF) is of key importance for the properties of the deposited films. The IEDF can be manipulated by applying an external bias voltage to the substrates. In this work, the interplay of a non-sinusoidal biasing, the ion energy distribution and the resulting film properties is under investigation. Measurements are performed in a capacitively coupled plasma which is heated by 13.56 MHz. The substrates are placed on an arbitrarily biased electrode. A miniaturized floating retarding field energy analyzer (RFEA) allows for IEDF measurements on the biased electrode. First results obtained for non-reactive argon plasmas are compared to measurements performed by a commercially available floating RFEA and to modeling.

P II.21 Di 11:00 Poster C3

Plasma-deposition of low stress a-Si:H/a-C:H multi-layers — ●AZADEH HOSSEINI BADAQSHANI, JANINE SCHAUER, BENEDIKT NIEMANN, and JÖRG WINTER — Ruhr - Universität Bochum, Institut für Experimentalphysik II, Universitätsstraße 150, Gebäude NB, 44801 Bochum

Because of its hardness and wear resistance diamond-like carbon (DLC) has the desired properties of a good protective coating. But these films possess high intrinsic stresses which can lead to film delamination especially when thick DLC films are considered. It has been shown that the adhesion of DLC can be improved by depositing a thin interlayer of amorphous-hydrogenated silicon (a-Si:H) between DLC film and substrate. In this work properties of multi-layers of a-Si:H and DLC have been studied. Depositing thin layers of a-Si:H and DLC on each other enables depositing thick a-Si:H /DLC film systems with low intrinsic stress. These multi-layers have been deposited via PECVD. The behaviour of intrinsic stresses in multi-layers with varying thickness has been investigated. Fatigue properties of these films deposited on nickel titanium have been qualitatively tested by cavitation erosion admission. In this test the substrate comes to contact with periodical shock waves produced in water.

P II.22 Di 11:00 Poster C3

Pulsed Low Frequency Inductively Coupled Plasma Source — ●CHRISTIAN TESKE, JOACHIM JACOBY, WALDEMAR SCHWEIZER, and JÖRG WIECHULA — Institut für Angewandte Physik, Johann-Wolfgang-Goethe Universität, 60438 Frankfurt am Main, Germany

An inductively coupled pulsed plasma source with an operating frequency of 29kHz is introduced. Using a series resonance circuit with large diameter induction coils surrounding a spherical discharge vessel, a plasma was produced and investigated in the pressure range from 0,1Pa to 100Pa. Pulsed coil currents reached a maximum value of 9,6kA while achieving an energy coupling efficiency of 80% between the driving circuit and the plasma. Pulsed power peak values reached more than 1MW. Moreover the spectroscopic diagnostic revealed a high fraction of ionized particles and an emission spectrum in the near UV range. By using a fast shutter camera system the initiation of the discharge was investigated. The ignition of the discharge along an azimuthal path was documented, showing evidence of an inductive plasma initiation without capacitive coupling.

P II.23 Di 11:00 Poster C3

Investigation of an RF ICP — ●JÖRG WIECHULA, MARCUS IBERLER, CHRISTIAN TESKE, WALDEMAR SCHWEIZER, and JOACHIM JACOBY — Johann Wolfgang Goethe-Universität, Institut für Angewandte Physik, Max von Laue Straße 1, 60438 Frankfurt

In the present study, an experiment with an electrode less inductively coupled plasma (ICP) is under investigation. The main section of the experimental setup is a discharge tube of glass wrapped with a cylindrical induction coil. The RF power is coupled into the plasma by transformer action. Driven at a fixed frequency of 13.56MHz the generator used in this experiment can deliver up to 10kW of RF power. For diagnostic purposes Ar and He is used as a working gas. A main interest of this experiment is the influence of the coil geometry on the coupling efficiency between the external circuitry and the plasma. Therefore, measurements of the electrical parameters are performed to determine the coupling efficiency and monitor the capacitive-to-inductive transi-

tion, which occurs at higher power levels. The electron temperature of the discharge plasma is measured by spectroscopic means where else the electron density is determined using a langmuir probe.

P II.24 Di 11:00 Poster C3

A New Dry Etch Chemistry in Deep Trench Silicon Plasma Etching For Sub-100nm Technologies — ●HARALD RICHTER¹, SIEGFRIED GÜNTHER¹, STEPHAN WEGE², SVEN BARTH², IOAN COSTINA¹, GÜNTER WEIDNER¹, STEFFEN MARSCHMEYER¹, and HEIKE SILZ¹ — ¹IHP Frankfurt (Oder) — ²Qimonda Dresden

An essential market share of today's DRAM production is covered by devices using a trench capacitor cell. The technology and productivity driven shrink of lateral dimensions at approximately constant capacity specifications lead to an increased deep trench (DT) aspect ratio (depth/width) requirement. For sub-100nm technologies and a given capacitance and cell size the requirement for DT etching results in aspect ratios of 60 to 80. In this paper, we describe DT process developments driven by the following motivation: To realise aspect ratio requirements a high selectivity to hard mask is needed. Therefore, process conditions which lead to minimized hard mask consumption during Si DT etching are necessary. A new DT plasma etch chemistry was introduced using CO₂ as a successful alternative to the standard passivation component O₂ in the common gas mixture HBr/NF₃/O₂. Investigations were focused on a non conventional hard mask material containing a TiN/Ti sandwich structure. In former investigations TiN/Ti works only as a stop layer for DT etch. Approx. 3.5 micron deep trenches over a 200nm TiN/Ti hard mask can be realized using HBr/NF₃/CO₂ processes. During Si etching a passivation layer is formed on the hard mask regions protecting TiN and ensures the requested high selectivity.

P II.25 Di 11:00 Poster C3

Population Inversion of Excited Hydrogen Atoms in a Recombining Hydrogen Plasma Jet — ●ONNO GABRIEL, SULEIMAN ELHAMALI, JEROEN VAN DEN DUNGEN, DAAN SCHRAM, and RICHARD ENGELN — Department of Applied Physics, Plasma & Materials Processing, Technische Universiteit Eindhoven, Postbus 513, 5600 MB Eindhoven, The Netherlands

The densities of hydrogen ions and atoms in an expanding thermal hydrogen plasma jet can be strongly increased by applying an axial magnetic field. This well known technique of confinement is used for the generation of large ion flows. Our research is focused on hydrogen plasma-surface interactions, for which we use the magnetized plasma jet as an atom source. Under certain plasma conditions an interesting feature is visible: The emission of the plasma jet, dominated by H_α lines at the first centimeters, changes to the blue spectral region due to higher Balmer lines ($n > 4$). Moreover, these higher electronic states of H atoms become stronger populated than the lower states. A possible reaction route resulting in the formation of these high excited hydrogen atoms is via mutual recombination of positive and negative ions. The latter are formed by dissociative attachment of electrons with rovibrationally-excited hydrogen molecules, which we measured spatially and internal state resolved by laser induced fluorescence in the VUV. TALIF on ground state hydrogen atoms completes the picture. These measurements indicate the high degree of excitation of these expanding plasmas, and the possible importance of rovibrational-excited molecules and negative ion formation.

P II.26 Di 11:00 Poster C3

Simulationen zur Entstehung und Extraktion negativer Wasserstoffionen an HF-Ionenquellen für ITER — ●RAPHAEL GUTSER, DIRK WÜNDERLICH, URSEL FANTZ und NNBI -TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, 85748 Garching, EURATOM Assoziation

Quellen für negative Ionen (H^- , D^-) sind für die Neutralteilchenheizung von zukünftigen Fusionsexperimenten wie ITER von hoher Relevanz. Ein Verständnis der physikalischen Prozesse, welche bei der Entstehung und Extraktion negativer Wasserstoffionen beteiligt sind, ist unerlässlich für die Optimierung einer derartigen Quelle. Numerische Modellrechnungen spielen hier eine sehr wichtige Rolle. Neben Rechnungen zur Ionenoptik mit dem kommerziellen KOBRA3 Code, wird ebenfalls ein Monte-Carlo Trajektorien Code vorgestellt, der die Berechnung der Extraktionswahrscheinlichkeit und räumlichen Verteilung der oberflächenproduzierten negativen Ionen gestattet. Um die Ionenausbeute zu erhöhen wird Cäsium verwendet, wobei die Austrittsarbeit der Oberfläche durch die dünne Cs Schicht sinkt. Das Cs wird durch Verdampfen in die Quelle injiziert. Dadurch bedingte dyna-

mische Effekte werden mit einem Cs Transport Code berechnet. Erste Ergebnisse der simulierten Cs-Verteilung unter den Vakuum Bedingungen der Ionenquelle werden gezeigt und diskutiert.

P II.27 Di 11:00 Poster C3

Untersuchungen an HF-angeregten Metallhalogenidplasmen — ●STEFAN BRIEFL, URSEL FANTZ, PATRICK STARKE, STEPHAN DIETRICH und JOSEF GRIESBAUER — Lehrstuhl für Experimentelle Plasmaphysik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg

Herkömmliche Leuchtstofflampen werden mit Quecksilber betrieben, das im nahen UV-Bereich emittiert. Durch Leuchtstoffe werden die UV-Quanten (ca. 250 nm) in sichtbares Licht konvertiert, wobei relativ viel Energie aufgrund des Stokes-Shifts verloren geht. Wegen diesem Verlust und der Umweltbelastung von Quecksilber sucht man nach Alternativen. Eine Option sind dabei die Metallhalogenide, die im Bereich von 300 bis 420 nm Licht emittieren, wodurch der Energieverlust aufgrund des Stokes-Shifts verringert wird. In heizbaren, abgeschlossenen Glasröhren mit definiertem Inhalt (Edelgas und Metallhalogenid) wurde über eine induktive Einkopplung eine HF-Entladung (13.56 MHz, $P_{Generator} = 0$ bis 300 W) gezündet und untersucht. Dabei wurde der Fülldruck, das Hintergrundgas sowie die Metallhalogenidmenge in den Entladungsgefäßen variiert, und die Strahlung mittels optischer Emissionsspektroskopie charakterisiert. Um einen detaillierten Einblick in Besetzungsmechanismen zu erhalten, wurde zusätzlich die Weißlicht-Absorptionsspektroskopie angewendet. Die Interpretation der Ergebnisse wird außerdem durch eine Modellierung der Mo-

lekülspektren unterstützt. Die erhaltenen Resultate werden dargestellt und diskutiert.

P II.28 Di 11:00 Poster C3

Plasmaparameterprofile in einer Quelle für negative Ionen — ●STEPHAN DIETRICH¹, SINA CHRIST-KOCH² und URSEL FANTZ^{1,2} — ¹Lehrstuhl für Experimentelle Plasmaphysik, Institut für Physik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, 85748 Garching

Bei der Entwicklung der Neutralteilchenheizung für ITER ist eine Optimierung der Quellen für negative Ionen notwendig. Da die Entstehungs- und Vernichtungsprozesse der negativen Wasserstoff-/Deuteriumionen stark von den Plasmaparametern (n_e , T_e) abhängen, wurden diese Parameter mit Hilfe einer Janussonde von der Anregungszone bis kurz vor den Extraktionsbereich bestimmt. Bei der untersuchten Quelle handelt es sich um ein induktiv gekoppeltes Plasma, in dem bei einer HF-Leistung von ca. 80kW und einem Druck von 0.3Pa Wasserstoffplasmen erzeugt wurden. Dabei wurde zum einen die an dem Plasmagitter angelegte Biasspannung variiert und zum anderen der Einfluss eines zusätzlichen Magnetfeldes auf die Plasmaparameter bestimmt. Eine spezielle Anordnung der Elektroden auf dem Sondenkopf ermöglicht es hierbei nicht nur aus den Sättigungsströmen n_e und n_i , sondern auch die Strömung der positiven Ionen zu bestimmen. Die Elektronenenergieverteilungsfunktion wurde dabei sowohl aus der zweiten Ableitung der U/I Kennlinie als auch direkt mit Hilfe eines aufmodulierten Signals bestimmt (Boyd-Twiddy-Methode).

P III: Poster: Diagnostik, Theorie, Schwerionen- und lasererzeugte Plasmen, Sonstiges

Zeit: Dienstag 11:00–13:00

Raum: Poster C3

P III.1 Di 11:00 Poster C3

W Spektroskopie für ASDEX Upgrade, JET und ITER — ●RUDOLF NEU, THOMAS PÜTTERICH, RALPH DUX und ASDEX UPGRADE TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Euratom Assoziation, Boltzmannstr.2, 85748 Garching

In einem zukünftigen Fusionsreaktor ist Wolfram einer der Hauptkandidaten für den Schutz plasmabelasteter Komponenten. Um die Plasmakompatibilität von W zu untersuchen, wurde ASDEX Upgrade für die Messkampagne 2007 vollkommen mit W beschichteten Graphitziegeln ausgestattet. Der quantitativen Diagnostik des Verhaltens von W im Hauptraumplasma kommt dabei besondere Bedeutung zu. Mithilfe spektroskopischer Messungen im vakuum-ultravioletten Spektralbereich, sowie im Bereich weicher Röntgenstrahlung lassen sich Spektrallinien nachweisen, die von Xe- bis Fe-ähnlichen Wolframionen stammen. Damit erschließt sich praktisch der ganze Elektronentemperaturbereich (500 - 5000 eV), der in ASDEX Upgrade Entladungen erreicht wird. Während sich mit diesen Spektrallinien auch ein Großteil des Arbeitsbereichs von JET in den zukünftigen Experimenten mit W divertor abdecken lässt, müssen für die Diagnostik von W im Zentralplasma von ITER Emissionen im Bereich von Ne-ähnlichem W herangezogen werden. Einige dieser, mithilfe des Cowan-Codes vorhergesagten Spektrallinien, konnten erstmals in speziellen Entladungen mit Elektronentemperaturen von über 10 keV (Elektronen-ITB) nachgewiesen werden.

P III.2 Di 11:00 Poster C3

Spektroskopische Bestimmung des radialen elektrischen Feldes am Plasmarand — ●BERND LANGER, ELISABETH WOLFRUM, RAINER FISCHER und ASDEX UPGRADE TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM, Boltzmannstr. 2, 85748 Garching, Deutschland

Es wird eine Methode zur Bestimmung des radialen elektrischen Feldes am Plasmarand vorgestellt. Sie basiert auf passiver Spektroskopie anhand mehrerer Sichtlinien und kann somit ohne die aufwändige Installation eines Teilchenstrahls an einem bestehenden Experiment durchgeführt werden. Es wird das Linienspektrum der He II-Linie ausgewertet, indem durch einen integrierten Bayes'schen Ansatz eine Entfaltung der Spektren aller vorhandenen Sichtlinien durchgeführt wird. Somit wird eine konsistente Fehlerberechnung gewährleistet und das Einbeziehen zusätzlicher Informationen ermöglicht.

Mit Hilfe des Optikkopfes der Li-Strahl Diagnostik konnten an ASDEX Upgrade bereits erste Ergebnisse an einer Entladung gewonnen werden, welche für eine ausführliche Analyse der vorgestellten Methode

verwendet wurden. Abschließend werden die geplanten Verbesserungen vorgestellt.

P III.3 Di 11:00 Poster C3

Einfluß des Sondenschafes auf die Bestimmung des Plasmaparameter — ●OLE WALDMANN¹ und GERD FUSSMANN^{1,2} — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, TI Greifswald — ²Institut für Physik der Humboldt Universität zu Berlin

Langmuirsonden zeichnen sich durch ihre hohe räumliche und örtliche Auflösung aus. Nachteilig erweist sich hingegen, daß es sich um eine invasive Diagnostik handelt, die das sie umgebende Plasma beeinflusst. Neben dem Einfluß der Sondenspitze ist auch der des Sondenschafes nicht zu vernachlässigen. Diesen Einfluß haben wir am linearen Plasmagenerator PSI-2 untersucht. Das stationär in einer Hochstrombogenentladung erzeugte Plasma wird mittels Magnetfeld ($B = 0.1$ T) eingeschlossen. Im Rahmen dieser Arbeit wurden vor allem Argonplasmen mit $n_e = 10^{18} \text{ m}^{-3}$ und $T_e = 3$ eV verwendet.

Eingesetzt wurden zwei Einfachsonden in zwei verschiedenen Konfigurationen. In der ersten Konfiguration befanden sich beide Sonden in derselben Ebene, jedoch unter einem azimuthalen Winkel verkippt. In der zweiten schlossen die beiden Sonden keinen azimuthalen Winkel ein, waren dafür aber axial separiert.

Es stellte sich heraus, daß die Elektronentemperatur von der Anwesenheit der zweiten Sonde nur gering beeinflusst wird, wohingegen die Elektronendichte um bis zu 30% sank. Mittels eines globalen Teilchenmodells, in dem die Schäfte als zusätzliche Teilchensenken behandelt wurden, konnten diese Beobachtungen erklärt werden. Besonders auffallend war die Tatsache, daß der Einfluß hauptsächlich globaler Natur war, was auf einen großskaligen Effekt schließen lässt.

P III.4 Di 11:00 Poster C3

Particle-in-Cell-Modell für Langmuirsondenmessungen in HF-Quellen zur Produktion negativer Wasserstoffionen — ●DIRK WÜNDERLICH, URSEL FANTZ und NNBI-TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, 85748 Garching, EURATOM Assoziation

Die Injektion schneller Neutralteilchen hat einen erheblichen Anteil an Heizung und Stromtrieb in magnetisch eingeschlossenen Fusionsexperimenten. Für ITER sind Neutralteilcheninjektoren in Entwicklung, die auf negativen Ionen basieren. Die negativen Ionen werden in einem Niedertemperaturplasma ($T_e < 2$ eV, $n_e < 5 \cdot 10^{17} \text{ m}^{-3}$, $p < 0.5$ Pa) erzeugt, hauptsächlich durch den Oberflächenprozess an dem mit Cäsium bedeckten Plasmagitter. Daher ist eine Korrelation zwischen Plasmahomogenität und Beamhomogenität zu erwarten. Diese Korre-

lation wird an den Testständen des IPP Garching mittels verschiedener Diagnostikmethoden untersucht. Dazu gehören ortsaufgelöste Messungen von T_e , n_e und $n(H^-)$ mit Langmuirsonden bzw. dem auf Sondenmessungen aufbauenden Verfahren des Laser-Photodetachments. Da das Plasma durch Einkoppeln eines HF-Feldes erzeugt wird, ein magnetisches Filterfeld vorhanden ist sowie das Plasma aus mehr als zwei geladenen Teilchensorten besteht, ist die Interpretation von Sondenmessungen im Vergleich zur klassischen Sondentheorie erschwert. Um die Interpretation zu unterstützen, wurden numerischen Rechnungen mit einem eindimensionalen Particle-in-Cell (PIC) Code durchgeführt. Der verwendete Code sowie die Ergebnisse werden vorgestellt und diskutiert.

P III.5 Di 11:00 Poster C3

Untersuchung der Bernstein-Wellen-Heizung mit einer Arrayantenne am Torsatron TJ-K — ●HENDRIK HÖHNLE, GREGOR BIRKENMEIER, EBERHARDT HOLZHAUER, ACHIM JOOSS, WALTER KASPAREK, ALF KÖHN, HELGA KUMRIC und ULRICH STROTH — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart, D-70569 Stuttgart

Bernstein-Wellen sind elektrostatische Wellen, die zum Heizen eines überdichten Plasmas an der Zyklotronresonanz eingesetzt werden können. Die Bernstein-Welle kann durch Konversion einer außerordentlichen Welle an der oberen Hybridresonanz erzeugt werden. Die außerordentliche Welle entsteht aus einer von der Niederfeldseite eingestrahlten ordentlichen Welle am O-Cutoff. Die Effizienz der O-X-Konversion ist anhängig vom Winkel zwischen einfallendem Wellenvektor der ordentlichen Welle und der Richtung des Magnetfeldes am O-Cutoff.

Um am Torsatron TJ-K die O-X-B-Konversion zu untersuchen, wurde eine frequenzgesteuerte Arrayantenne entwickelt, mit deren Hilfe man den Einstrahlwinkel im Bereich -45 bis $+45$ Grad in Abhängigkeit der Frequenz von 7,90 bis 8,40 GHz einstellen kann.

Der Aufbau der Antenne, die Resultate von Elektronentemperatur und Dichteprofilmessungen sowie Modulationsexperimente und Monopolantennenmessungen werden vorgestellt.

P III.6 Di 11:00 Poster C3

Experimente und Modellierung von Transportprozessen in toroidalen Plasmen — ●GREGOR BIRKENMEIER, HENDRIK HÖHNLE, ALF KÖHN, MIRKO RAMISCH und ULRICH STROTH — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart

Die Untersuchung von Transportprozessen in toroidalen Fusionsplasmen stellt im Hinblick sowohl auf Messungen als auch auf die theoretische Behandlung seit jeher eine Herausforderung dar. Im Torsatron TJ-K können Niedertemperaturplasmaentladungen ($T < 10$ eV) in toroidaler Geometrie untersucht werden. Dabei sind die relevanten Plasmaparameter mit Hilfe von Langmuir-Sondenmessungen im kompletten Plasmavolumen zugänglich.

Für Transportstudien wurde eigens ein Multi-Langmuir-Sonden-Array konstruiert und im Torsatron TJ-K eingesetzt. Auf der Zeitskala von wenigen Mikrosekunden können damit Poloidalprofile des toroidalen Plasmas aufgenommen werden.

Zur Analyse von Daten wurde ein Simulationsprogramm erstellt, das aus Energie- und Teilchenerhaltung die zeitabhängigen Plasmaprofile berechnet. Gemessene Gleichgewichtsprofile konnten mit diesem Programm reproduziert werden.

Im Rahmen von Modulationsexperimenten wurden transportrelevante Größen (Transportkoeffizienten, Einschusszeiten) bestimmt. In weiteren Untersuchungen konnte aus Modulationsexperimenten das Heizprofil der ECRH-Mikrowellenheizung bestimmt werden.

P III.7 Di 11:00 Poster C3

Winkelabhängigkeit der reflektierten Leistung bei Doppler-Reflektometrie in turbulenten Plasmen — ●CARSTEN LECHTE¹, GARRARD CONWAY² und ULRICH STROTH¹ — ¹Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart, 70569 Stuttgart — ²MPI für Plasmaphysik, 85748 Garching

Die Dopplerreflektometrie ist eine berührungslose Diagnostik zur Messung von Dichtefluktuationen und Flussgeschwindigkeiten im Plasma. Mikrowellen werden schräg zum Dichtegradienten eingestrahlt, an den Dichtefluktuationen nahe der Cutoff-Schicht gestreut und dopplerverschoben. Aus der Dopplerverschiebung wird in Fusionsplasmen die poloidale Geschwindigkeit des Plasmas ermittelt und damit auf das radiale elektrische Feld geschlossen.

In Anwesenheit starker Fluktuationen wird die Antwort des Plasmas durch Dispersion und Mehrfachstreuung stark nichtlinear, so dass quantitative Untersuchungen nur mit Hilfe von 2D- oder 3D-Simulationen der Maxwell-Gleichungen im kalten Plasma möglich sind.

Mit dem Finite-Differenzen-Code IPF-FD3D wird die Abhängigkeit der reflektierten Leistung von den Plasmaverhältnissen untersucht. Diese hängt unter anderem von der Steilheit des Dichtegradienten, der Fluktuationsstärke und der Polarisation ab. Ziel ist eine absolute Messung der Dichtefluktuationsstärke in Abhängigkeit von der Wellenzahl.

P III.8 Di 11:00 Poster C3

Diagnostik an einer Breitstrahlionenquelle — ●VIKTOR SCHNEIDER¹, IULIAN TELIBAN¹, THOMAS TROTTEBERG¹, HOLGER KERSTEN¹, HORST NEUMANN², MICHAEL TARTZ² und FRANK SCHOLZE² — ¹Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, IEAP, Leibnizstraße 19, D-24098 Kiel — ²Leibniz-Institut für Oberflächenmodifizierung, Permoser Straße 15, D-04318 Leipzig

Ionenstrahlquellen werden industriell für die Bearbeitung von Oberflächen eingesetzt. Beispiele hierfür sind das Ätzen mit Ionenstrahlen, Ionenstrahlabscheidung und die Ionenstrahlunterstützte Abscheidung. Oft sind die betreffenden Ionenquellen jedoch nicht umfassend charakterisiert, insbesondere hängt die Strahlneutralisierung wesentlich von den experimentellen Bedingungen ab, unter denen die Ionenquelle verwendet wird. Eine genauere Kenntnis der Ionenstromdichte und der Ionenenergieverteilung, jeweils mit Ortsauflösung, ist aber Voraussetzung für die Optimierung der Prozesse in solchen Anlagen. In diesem Beitrag wird über Diagnostiken in einem Experiment mit einer Ionenquelle berichtet, die für den industriellen Einsatz entworfen wurde. Es handelt sich dabei um eine ECR-Ionenquelle, die mit Hilfe von Gittern die Ionen aus einem ECR-erzeugten Plasma extrahiert. Der Druck in der Strahlkammer von etwa $4 \cdot 10^{-2}$ Pa führt zu Ionen-Neutralteilchenstößen, die das Strahlprofil mit zunehmendem Abstand von der Quelle beeinflussen. Aufgrund der Stöße der Strahlionen mit der Kammerwand entstehen Sekundärelektronen, weshalb ein Plasma in der gesamten Strahlkammer nachgewiesen werden kann. Zur Diagnostik werden Langmuir-Sonden, Energieanalytoren und Thermosonden eingesetzt.

P III.9 Di 11:00 Poster C3

Energieeintrag durch Neutralteilchen in einem ECR-Plasma — ●MATTHIAS WOLTER¹, THOMAS SCHWARZ-SELINGER², WOLFGANG JACOB² und HOLGER KERSTEN¹ — ¹Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität Kiel, 24098 Kiel — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Boltzmannstraße 2, 85748 Garching bei München

Bei der Abscheidung von dünnen Schichten mit Plasmaprozessen bestimmt der Energieeintrag auf die Substratoberfläche wesentlich die Substrattemperatur und damit die Effizienz und das Zusammenwirken der Elementarprozesse (Adsorption, Diffusion, chemische Reaktionen) wie auch die Mikrostruktur und die Stöchiometrie der Schichten. Der Energieeintrag geladener Teilchen lässt sich relativ einfach bestimmen, der Energieeintrag neutraler Teilchen (Ladungsaustauschneutrale, Metastabile und Radikale) ist aber schwer zugänglich.

Am Beispiel einer Elektron-Zyklotron-Resonanz-Entladung (ECR) wurde der totale Energieeinstrom auf das Substrat mit einer Thermosonde gemessen. Die Energieverteilung der auf das Substrat auftretenden Ionen sowie die gesamte Ionenstromdichte wurden mit einem elektrostatischen Gegenfeldanalysator bestimmt. Es wurden Messungen mit unterschiedlicher Substratvorspannung für Entladungen in Argon, Deuterium, Stickstoff, Sauerstoff und Methan mit unterschiedlichen Substratmaterialien durchgeführt. Aus dem Vergleich der beiden Diagnostiken lässt sich der Energieeintrag der neutralen Teilchen ermitteln.

P III.10 Di 11:00 Poster C3

Luminescent micro-particles as thermal plasma probes — ●HORST MAURER¹, HOLGER KERSTEN², and RALF BASNER¹ — ¹INP Greifswald, Felix Hausdorff - Str. 2, 17489 Greifswald, Germany — ²IEAP, University of Kiel, Leibnitzstr. 19, 24118 Kiel, Germany

The equilibrium temperature of micro-particles, immersed in a plasma, is determined by the sum of several energy fluxes between the surrounding plasma and the particle surface. The surface temperature of particles is crucial in etching and deposition processes as well as in surface modification and catalytic properties and a proper technique for spatial resolved temperature measurements would be desirable. Furthermore, flux densities can be influenced by the variation of gas composition and plasma parameters, thus giving access to verify existing plasma models.

The principle of a non-invasive temperature measurement is presented, using luminescent phosphor particles. Some suitable phosphors were found, which show temperature dependent features of radiation. Those features will be discussed with respect to their feasibility for

particle temperature measurements in plasma, and first experimental results will be presented.

The plasma reactor PULVA-INP is particularly suitable for parametric measurements of particle temperatures inside the plasma. An adaptive electrode, which consists of more than 100 pixels, each of which can be impinged on a distinct DC-voltage, enables modifying the sheath and manipulating immersed phosphor particles in real time.

P III.11 Di 11:00 Poster C3

Whispering-Gallery-Mode Spectroscopy on microparticles levitated in a plasma — ●GABRIELE THIEME¹, RALF BASNER¹, JÖRG EHLBECK¹, JÜRGEN RÖPCKE¹, HOLGER KERSTEN², JONATHAN P. REID³, and PAUL B. DAVIES⁴ — ¹INP Greifswald, F.-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald — ²IEAP, Christian-Albrechts-Universität Kiel, 24098 Kiel — ³School of Chemistry, University of Bristol, Bristol BS8 1TS, UK — ⁴Department of Chemistry, University of Cambridge, Cambridge CB2 1EW, UK

Whispering-Gallery-Mode Raman Spectroscopy is a non-invasive diagnostic technique for the characterisation of size and chemical composition of spherical particles of sizes between ca. 5 and 100 μm . By means of a pulsed laser whispering gallery modes are excited within the particles which lead to an enhanced Raman signal at characteristic wavelengths. We show that this method can be used to gain information in particular from the particle surface. Therefore it is of great interest for the characterisation of thin layers deposited on microparticles, e.g. in molecular plasmas. We present investigations of different microparticles in air and results from particles levitated in an Argon rf-plasma.

P III.12 Di 11:00 Poster C3

Parametrisierung des Ionenstroms von Langmuirsondenkennlinien — ●BIRGER BUTTENSCHÖN, OLIVER ARP und ALEXANDER PIEL — IEAP, CAU Kiel, D-24098 Kiel

Langmuirsonden sind eine der verbreitetsten Methoden zur Bestimmung von Plasmametern in Gasentladungen. Abhängig von Temperatur der Ladungsträger und Teilchendichte im Plasma verwendet man für die Auswertung der Kennlinien Theorien wie Orbital-Motion-Limit [1] oder Radial-Motion [2]. Oftmals werden zur Auswertung der Kennlinie analytische Verfahren eingesetzt, die aber aufgrund des hohen Rechenaufwandes nicht für eine Online-Auswertung aufgenommener Kennlinien geeignet sind. Dieser Beitrag stellt eine Parametrisierung der Ionenströme der Radial-Motion-Theorie vor, mit deren Hilfe eine schnelle Kennlinienauswertung am Experiment realisiert werden ist. Gefördert durch DLR unter 50WM0739.

[1] J.G. Laframboise, UTIAS Report 100 (1966) [2] J.E. Allen, R.L.F. Boyd, P. Reynolds, Proc. Roy. Soc 70, 297 (1957)

P III.13 Di 11:00 Poster C3

Zur Stabilität der homogenen Säule einer zylindrischen Sauerstoff-Entladung — ●BENJAMIN MAY, BERNDT BRUHN, JOHANNES MARBACH und ANDREAS RICHTER — Institut für Physik, Universität Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 6, 17489 Greifswald

Ausgehend von einer hydrodynamischen Beschreibung von Plasmen elektronegativer Gase wird die Stabilität des homogenen Zustandes in einer Sauerstoff-Entladung untersucht. Das Modell bilanziert Elektronen, positive und negative Ionen, metastabile Moleküle als Detachment-Partner und die mittlere Elektronenenergie. Ausgehend vom homogenen Zustand (H-Form) wird gezeigt, dass der Übergang von der H- in die T-Form durch eine Attachment induzierte Instabilität beschrieben werden kann. Mathematisch ist dieser Übergang mit einer Hopf-Bifurkation verknüpft. Die Parameterabhängigkeit der Instabilitätsfenster wird explizit berechnet und mit experimentellen Werten verglichen.

P III.14 Di 11:00 Poster C3

Multichannel photon counting system for time-resolved Thomson scattering plasma diagnostics — ●VICTOR GORSHELEV and HENNING SOLTWISCH — Ruhr Universität, Bochum, Germany

Thomson scattering is a non-intrusive method to determine electron temperature and electron density of a plasma. Being a standard diagnostic for high temperature and high density plasmas, attempts have been made to apply Thomson scattering to low temperature discharges like ECR-, ICP- and RF capacitively coupled discharges during the recent years.

However, experimental conditions (low scattered signal level, intensive background emission) require the use of sophisticated instrumenta-

tion. A double monochromator is utilized to suppress the plasma background radiation. Multichannel photomultiplier system serves for simultaneous photon counting and further signal processing.

Implementation and operation of this technique on RF discharges in Argon will be presented.

P III.15 Di 11:00 Poster C3

Resonanzspektroskopische Diagnostikmethoden: Multipol-Resonanzsonde vs. Hairpin Resonator — ●MARTIN LAPKE, THOMAS MUSSENBRÖCK und RALF PETER BRINKMANN — Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, 44780 Bochum

Resonanzspektroskopische Diagnostikmethoden werden in Niedertemperaturplasmen seit Langem zur Bestimmung der Elektronendichte erfolgreich eingesetzt. Der Hairpin-Resonator [1] nutzt in diesem Zusammenhang die Verstimmung der Vakuum-Resonanzfrequenz, die Multipol-Resonanzsonde [2] regt direkt eine bestimmte Resonanz an und ermöglicht somit eine Bestimmung der Elektronendichte.

Um eine Kalibrierung sinnvoll vornehmen zu können, ist das Verständnis zugrundeliegender, fundamentaler Phänomene von elementarer Bedeutung. Ziel dieses Beitrags ist es zu zeigen, welche Konsequenzen die Lage der Resonanzen auf eine elektromagnetische bzw. elektrostatische Beschreibung haben.

[1] Piejak et. al., J. Appl. Phys. **95**, Issue 7, 2004

[2] Lapke et. al., Proceedings of the 28th. ICPIG, 2007

P III.16 Di 11:00 Poster C3

Bestimmung von Quenchratenkoeffizienten mittels phasenaufgelöster Emissionsspektroskopie in Radiofrequenz-Entladungen — ●HENRIK BÖTTNER¹, LUCAS SCHAPER², TIMO GANS², VOLKER SCHULZ-VON DER GATHEN¹ und JÖRG WINTER¹ —

¹Institut für Experimentalphysik II, Ruhr-Universität Bochum — ²Centre for Plasma Physics, Queen's University Belfast

Insbesondere bei den heute im Zentrum des Interesses stehenden Atmosphären- und Mikroentladungen spielen Stöße für die Dynamik vieler Prozesse eine herausragende Rolle. So beeinflusst die Stoßabregung (Quenching) die Besetzung angeregter Niveaus, deren exakte Kenntnis für die Auswertung optischer Verfahren wie Emissionsspektroskopie, aber auch von Laserverfahren, wie Laser-induzierte Fluoreszenz, von maßgeblicher Bedeutung ist. Eine übliche aber aufwendige Methode stellt die Bestimmung über die Messung der Lebensdauer angeregter Niveaus nach Laseranregung dar. Bei den hier vorgestellten Experimenten werden mit Hilfe von phasenaufgelöster Emissionsspektroskopie an kapazitiv-gekoppelten RF-Entladungen Quenchratenkoeffizienten für Edelgase in Wasserstoff und Sauerstoff bestimmt. Verglichen werden weiterhin Ergebnisse, die bei einigen hundert Pa in einer Niederdruck- und in einer Atmosphären-Entladung ermittelt wurden.

[1]T. Gans, Chun C. Lin, V. Schulz-von der Gathen und H.F. Döbele, J. Phys. D: Appl. Phys. 34 (2001) L39 - L42

P III.17 Di 11:00 Poster C3

Produktanalyse der Plasmaaminierung mittels kombinierter CRD und 2D-LIF Spektroskopie — ●MARTIN VISSER und ANDREAS SCHENK — Institut für Physikalische und Theoretische Chemie, TU Braunschweig, Deutschland

In früheren Arbeiten konnten Mikrostrukturierte Elektrodensysteme (MSE) als Plasmaquelle für einen weiten Druckbereich (bis 500 mbar) etabliert und in vielfältigen Anwendungsgebieten, wie z.B. Abgasnachbehandlung (Abbau von NO, CF₄) und Oberflächenmodifikation (DLC-Schichten, Quarzschichten auf Cu, Si, und Polymeren) erfolgreich getestet werden. Gegenstand der aktuellen Untersuchung ist die Plasmaaminierung von Polymeren. Von besonderem Interesse ist dabei die Konzentration reaktiver Intermediate (NH-Radikale) im Plasma. Unser Ziel ist die Kombination zweier etablierter Techniken - CRD und 2D-LIF - um die räumliche Verteilung der Spezies, sowie deren absolute Konzentration bestimmen zu können. Als Plasmaquelle dient ein einfacher Plattenkondensator, das Plasma wird mit 13.56 MHz bei Drücken zwischen 20 und 100 mbar in Gasgemischen He, Ar/N₂/H₂ oder He, Ar/NH₃ mit einem Reaktivgasanteil von maximal 5% gezündet. Zum Nachweis der Radikale wird ein Nd-YAG gepumpter Dye-Laser mit nachgeschaltetem Autotracker bei einer Wellenlänge von etwa 333 nm verwendet. CRDS liefert dabei die absolute Konzentration, um die räumliche Verteilung zu erhalten wird ein Laserfächer erzeugt und die erzeugte Fluoreszenz auf einer ICCD-Kamera abgebildet.

P III.18 Di 11:00 Poster C3

Untersuchung diagnostischer Methoden an einem nichtneutralen Plasma — ●KATHRIN SCHULTE, OLIVER MEUSEL, MARTIN DROBA und ULRICH RATZINGER — Institut für Angewandte Physik, Max-von-Laue-Strasse 1, Frankfurt, D-60438

In einer Gabor-Linse kann durch geeignete Wahl externer magnetischer und elektrischer Felder ein nichtneutrales Plasma eingeschlossen werden. Das elektrische Eigenfeld dieses einkomponentigen Plasmas wird zur Fokussierung von Ionenstrahlen verwendet, wobei die Abbildungseigenschaften eng mit dem thermodynamischen Verhalten des nichtneutralen Plasmas (NNP) gekoppelt sind. Zur Untersuchung von diagnostischen Methoden zur Bestimmung der Parameter des NNP wurde ein Experiment aufgebaut, bei dem vor allem mit berührungsfreien Verfahren die Plasmaparameter bestimmt werden sollen. Neben einer kurzen Beschreibung der einzelnen Methoden werden Messergebnisse vergleichend interpretiert.

P III.19 Di 11:00 Poster C3

Wasserstoff-Helium Mischungen unter hohem Druck — BASILIAN HOLST, ANDRE KIETZMANN, ●WINFRIED LORENZEN, NADINE NETTELMANN und RONALD REDMER — Universität Rostock, 18051 Rostock

Eine zentrale Rolle bei der Modellierung großer Planeten wie Jupiter und Saturn spielt die Zustandsgleichung (EOS) von Wasserstoff-Helium-Mischungen bis zu hohen Drücken von etwa 40 Mbar. Die Untersuchung von Materie unter solchen extremen Bedingungen ist eine enorme Herausforderung sowohl für die Hochdruck- als auch die theoretische Physik. Bisher wurden die Eigenschaften von H-He-Mischungen meistens über das Modell der linearen Mischung bestimmt, welches die Wechselwirkung der verschiedenen Teilchensorten untereinander vernachlässigt. Deswegen wurden ab-initio QMD-Simulationen für reale H-He-Mischungen in einem großen Bereich von Dichte und Temperatur durchgeführt und mit dem Modell der linearen Mischung verglichen. Außerdem wurde aus diesen EOS-Daten die Mischungslücke in Abhängigkeit von der He-Konzentration bestimmt und ihr Einfluss auf die Modellierung von Jupiter und Saturn dargestellt.

P III.20 Di 11:00 Poster C3

Collective quantum modes of parabolically confined mesoscopic Fermi systems — KARSTEN BALZER, ●CHRISTIAN HENNING, and MICHAEL BONITZ — Institut für Theoretische Physik und Astrophysik, Christian-Albrechts-Universität Kiel, Leibnizstrasse 15, 24098 Kiel, Germany

For interacting few particle systems, the internal dynamics in terms of normal modes is of broad interest in many fields of research—e.g. in complex plasmas, (dilute) quantum Fermi gases/liquids or BEC-BCS systems, the normal mode spectrum is directly linked to interesting system properties and to the response to external electromagnetic fields.

Here, we go beyond linear response theory and study collective modes in the quantum regime by applying Nonequilibrium Green's function techniques at zero and finite temperatures [1,2]. In particular, we investigate the quantum breathing mode for fermionic 1D and 2D systems (being confined in harmonic traps) interacting via a $1/r^\alpha$ pair-potential [3]. The dependence of the breathing frequency and the time-dependent density on the relative interaction strength is discussed for a wide range of parameters including nonlinear effects [3,4].

[1] M. Bonitz, K. Balzer, and R. van Leeuwen, Phys. Rev. B **76**, 045341 (2007).

[2] "Nonequilibrium Green's function approach to artificial atoms", K. Balzer, Diploma thesis, Kiel University (2007).

[3] see poster "On the existence of the breathing mode", Christian Henning et al.

[4] B. Partoens, F.M. Peeters, J. Phys.: Cond. Mat. **9**, No. 25 (1997).

P III.21 Di 11:00 Poster C3

On the existence and vanishing of the breathing mode — ●CHRISTIAN HENNING¹, KENJI FUJIOKA², ALEXANDER PIEL³, PATRICK LUDWIG¹, and MICHAEL BONITZ¹ — ¹CAU zu Kiel, ITAP, D-24118 Kiel — ²City College of New York, NY 10031 — ³CAU zu Kiel, IEAP, D-24118 Kiel

From normal mode analysis of harmonically confined Coulomb systems of any dimension the breathing mode, a radial and uniform oscillation, is well known and also topic of actual research [1,2]. Investigations of other systems (e.g. Yukawa, Lennard-Jones) also use the properties of this breathing mode [3,4].

Here, we show that the concept of the breathing mode can not in general be transferred from Coulomb systems to other systems [5]. We derive an equation for the existence of the breathing mode, present

the condition for its existence and show counter-examples of different types.

[1] Kielpinski et al., Phys. Rev. A **61**, 032310 (2000)

[2] Ferreira et al., Phys. Rev. E **72**, 021406 (2005)

[3] Y. Ozaki, M. Ichihashi, and T. Kondow, Z. Phys. D **20**, 161 (1991)

[4] M. Kong, B. Partoens, and F.M. Peeters, N. J. Phys. **5**, 23 (2003)

[5] C. Henning et al., submitted for publication

P III.22 Di 11:00 Poster C3

Melting of trapped few particle systems — ●JENS BÖNING¹, ALEXEI FILINOV¹, PATRICK LUDWIG¹, HENNING BAUMGARTNER¹, MICHAEL BONITZ¹, and YURI LOZOVIK² — ¹Institut für Theoretische Physik und Astrophysik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, D-24098 Kiel, Germany — ²Institute for Optics and Spectroscopy of the RAS, Troitsk, Russia

Solid or liquid behavior are collective properties of macroscopic systems. Nevertheless, collective behavior emerges already in small systems. But, how many particles are required and how to reliably detect liquid or solid behavior and the melting point in a small system? While in large systems there exist many equivalent quantities, in small systems the predicted melting point strongly depends on the choice of quantity and on the way it is computed yielding ambiguous and even divergent results [1]. We present a very simple quantity which allows to overcome these problems – the variance of the block averaged interparticle distance fluctuations [2].

[1] D.D. Frantz, J. Chem. Phys. **115**, 6136 (2001)

[2] J. Böning, A. Filinov, P. Ludwig, H. Baumgartner, M. Bonitz, and Yu.E. Lozovik, submitted for publication, arXiv:0711.1124.

P III.23 Di 11:00 Poster C3

Gezielte Modulationen in den Energiespektren laserproduzierter Ionenstrahlen — ●OLIVER JÄCKEL¹, SEBASTIAN PFOTENHAUER¹, JENS POLZ¹, HANS-PETER SCHLENVOIGT¹, MALTE C. KALUZA¹, HEINRICH SCHWOERER², KEN W.D. LEDINGHAM³, ROLAND SAUERBREY⁴ und ALEX P.L. ROBINSON⁵ — ¹Institut für Optik und Quantenelektronik, Friedrich-Schiller-Universität Jena — ²LRI, University of Stellenbosch, South Africa — ³Department of Physics, University of Strathclyde, UK — ⁴Forschungszentrum Dresden — ⁵RAL, Oxfordshire, UK

In den letzten Jahren haben sich Hochintensitätslaser der 10 TW Klasse als Laser-Plasma-Beschleuniger immer weiter etabliert. Ionen können mit Hilfe des TNSA Prozesses (Target Normal Sheath Acceleration) auf Energien von mehreren MeV beschleunigt werden, wobei die Verteilung der einzelnen Energien im Strahl typischerweise eine thermische ist. Ein Ansatz, diese thermischen Spektren gezielt zu modulieren, ist die Verwendung mikrostrukturierter dünner Metallfolien als Targets. Dabei wird die Quelle der beschleunigten Ionen auf Mikrometerskalen eingeschränkt. Außerdem erfolgt eine Ladungstrennung von verschiedenen Ionensorten während des Beschleunigungsprozesses. Diese beiden Eigenschaften, in Verbindung mit definierter Laserablation von möglichen Kontaminationsschichten, ermöglichen es, die Energiespektren zu modulieren — quasimonochromatische Strahlen zu erzeugen. Die räumliche und stoffliche Komposition der mikrostrukturierten Targets lässt sich auf beliebige Ionensorten ausweiten, was hier durch die Beispiele Protonen und Kohlenstoff verdeutlicht wird.

P III.24 Di 11:00 Poster C3

Time-resolved optical probing of the ion acceleration in relativistic laser plasma interactions from thin foils — ●JENS POLZ¹, OLIVER JÄCKEL¹, SEBASTIAN PFOTENHAUER¹, MALTE KALUZA¹, HANS-PETER SCHLENVOIGT¹, and HEINRICH SCHWOERER² — ¹Institut für Optik und Quantenelektronik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Germany — ²Laser Research Institute, University of Stellenbosch, South Africa

With laser plasma accelerators it is possible to create electric fields which exceed the accelerating fields of conventional accelerators by five orders of magnitude. Over the past years, laser driven plasmas have therefore become a promising tool for particle acceleration on a μm scale. However laser plasma accelerators can not yet compete with conventional accelerators with respect to beam monochromacy, maximum achievable energy and shot to shot stability. In order to improve the acceleration process and achieve a higher laser-to-particle energy conversion efficiency, a tool for time-resolved probing of the plasma is required. On this poster we present a technique using optical interferometry and a bended thin metal foil for the time-resolved study of laser plasma acceleration processes. This technique provides information about the electron density distribution of the plasma, its temporal

evolution and hence insights about the electron temperature, the accelerating fields and the laser-to-particle energy conversion efficiency.

P III.25 Di 11:00 Poster C3

Synchrotronstrahlung von lasererzeugten monoenergetischen Elektronenpulsen — ●HANS-PETER SCHLENOVOIG¹, KERSTIN HAUPT^{2,1}, ALEXANDER DEBUS^{3,1}, FABIAN BUDDE^{4,1}, OLIVER JÄCKEL¹, SEBASTIAN PFOTENHAUER¹, JORDAN GALLACHER⁵, ENRICO BRUNETTI⁵, DINO JAROSZYNSKI⁵, ERICH ROHWER² und HEINRICH SCHWOERER^{2,1} — ¹Institut für Optik und Quantenelektronik, Friedrich-Schiller-Universität Jena — ²Laser Research Institute, University of Stellenbosch, South Africa — ³Forschungszentrum Dresden-Rossendorf — ⁴Institut für Laser- und Plasmaphysik, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf — ⁵Department of Physics, University of Strathclyde, Glasgow, UK

Wir haben Synchrotronstrahlung im Sichtbaren mit laserbeschleunigten Elektronen erzeugt. Ein hochintensiver, ultrakurzer Laserpuls wird in einen Gasjet fokussiert und beschleunigt Elektronen auf Energien bis 80 MeV. Diese Elektronenpulse propagieren durch einen Undulator und gelangen in ein Elektronenspektrometer. Die Synchrotronstrahlung von Elektronen mit Energien von 55 MeV bis 75 MeV liegt im Sichtbaren und wird mit einem optischen Spektrometer detektiert. Die gleichzeitige und spektral aufgelöste Detektion der Elektronen und des von ihnen erzeugten sichtbaren Lichts gestattet zudem den eindeutigen Nachweis der Strahlung. Das Experiment zeigt, dass lasererzeugte Elektronenpulse allmählich anwendungsreife erreichen, und öffnet das Feld für neue, ultrakurze, durchstimmbare und vielfältig einsetzbare Strahlungsquellen.

P III.26 Di 11:00 Poster C3

Cryogenic targets for laser-plasma heavy ion beam interaction experiments — ●MUHAMMAD IMRAN¹, JURIJ MENZEL¹, ABEL BLAZEVIC², DIRK O. GERICKE³, DIETER H.H. HOFFMANN^{1,2}, SERBAN UDREA¹, and KARIN WEYRICH² — ¹Institut für Kernphysik, TU-Darmstadt, Deutschland — ²Gesellschaft für Schwerionenforschung, Darmstadt, Deutschland — ³University of Warwick, Coventry, United Kingdom

Intense heavy ion beams delivered by the accelerator facilities of the Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI) mbH Darmstadt facilitate together with the two laser systems NHELIX and PHELIX facilitate pioneering beam-plasma interaction experiments. The ultimate goal of the work presented here is the employment of cryogenic solid-state targets, especially Deuterium and Hydrogen, experiments for the measurement of the energy loss of heavy ions in dense, laser produced plasmas. Presently the cryogenic system has been built and tested by growing cryogenic crystals of Neon, Argon and Nitrogen. The setup and results of these tests are presented and different future designs of the cryogenic targets are discussed within this contribution.

P III.27 Di 11:00 Poster C3

Simulationen lasererzeugter Plasmen mit MULTI — ●DANIEL LÖB¹, ANNA TAUSCHWITZ², ALEXANDER PELKA¹ und MARKUS ROTH¹ — ¹Technische Universität Darmstadt — ²J. W. Goethe Universität Frankfurt

Eine zentrales Forschungsfeld der Arbeitsgruppe Laser- und Plasmaphysik der TU Darmstadt ist die Wechselwirkung von Lasern mit Pulslängen im Nanosekundenbereich mit Materie. Forschungsschwerpunkte bilden hierbei die Untersuchung des Energieverlustes von Schwerionen in lasererzeugten Plasmen sowie deren Charakterisierung in planarer Geometrie und Hohlräumen. Hierbei werden Temperaturen von bis zu 250 eV und Dichten bis in den Bereich einiger Prozent der Festkörperdichte erreicht. Zur zeitaufgelösten Messung der Elektronenzahlreiche in diesen Experimenten steht eine "Multiframeinterferometrie zur Verfügung. Um eine quantitative Abschätzung von Elektronenzahlreiche und Temperatur im nicht diagnostisch zugänglichen Bereich ($n_e > 10^{21}/\text{cm}^3$) der Plasmen zu ermöglichen, werden 1D und 2D Simulationen mit dem Strahlungshydrodynamik-Code MULTI durchgeführt. Es werden erste Simulationsergebnisse präsentiert, sowie der Vergleich mit den Daten der Interferometriemessungen hergestellt.

P III.28 Di 11:00 Poster C3

Non-Intercepting Beam Profile Measurement and Plasma Analysis based on Fluorescence Diagnostics — ●FRANK BECKER^{1,2}, PAVEL A. NI³, DOROTHEA PFEIFFER¹, PRABIR K. ROY³, FRANK M. BIENIOSEK³, PETER FORCK¹, and DIETER H. H. HOFFMANN^{1,2} — ¹GSI, Darmstadt, Germany — ²TUD, Darmstadt, Germany — ³LBNL, Berkeley, USA

As an alternative to conventional scintillator-based beam profile diagnostics in ion accelerators, with the Beam Induced Fluorescence (BIF) Monitor, transverse beam profiles can be determined by observation of single fluorescence photons emitted by residual gas molecules. With this instrument we recorded profiles of a 10^{12} particles per pulse K^+ beam of 7,7 keV/u in 10^{-5} Torr N_2 gas. Single photon counting was performed using an image intensified digital CCD camera. Moreover the applicability of this method has been successfully demonstrated at GSI for various ion beams in the energy range of 5 to 750 MeV/u. Secondly this method can be applied to the study of plasma properties. For a cathodic-arc Al-plasma spatial distribution and plasma density have been investigated. Time resolved spectra were recorded with a streak-spectrometer camera. Results are presented for a typical parameter space, profile distortions and feasibility is discussed.

P III.29 Di 11:00 Poster C3

Untersuchung hoher Energiedichten in Materie erzeugt durch intensive, stark fokussierte Schwerionenstrahlen — ●ALEXANDER HUG¹, ALEXANDER FERTMAN³, VLADIMIR E FORTOV⁴, DIETER H.H. HOFFMANN^{1,2}, MICHAEL KULISH⁴, JURIJ MENZEL², VICTOR MINTSEV⁴, NINA MÜLLER², PAVEL NI², DMITRY NIKOLAEV⁴, BORIS SHARKOV³, NIKOLAY SHILKIN⁴, VLADIMIR YA. TERNOVOI⁴, VLADIMIR TURTIKOV³, SERBAN UDREA² und DMITRY VARENTOV¹ — ¹Gesellschaft für Schwerionenforschung, Planckstraße 1, 64291 Darmstadt — ²Technische Universität Darmstadt, Institut für Kernphysik (IKP), Schloßgartenstraße 9, 64289 Darmstadt — ³Institute for Theoretical and Experimental Physics, Bolshaya Chermushinskaya 25, 117218 Moscow, Russland — ⁴Institute of Problems of Chemical Physics, Akad. Semenova 1, 142432 Chernogolovka, Russland

Intensive und stark fokussierte Schwerionenstrahlen sind hervorragend geeignet große Volumina von hoher Energiedichte in Materie mit vorwiegend homogenen physikalischen Parametern zu erzeugen.

Am Hochtemperaturmeßplatz "HHT" der GSI in Darmstadt wurden solche Experimente durchgeführt und mit Ergebnissen aus Stoßwellen-Experimenten verglichen.

Die Motivation besteht hierbei in der Entwicklung und Tests neuartiger Diagnostiken, Untersuchung verschiedener Targetmaterialien und -konfigurationen für zukünftige Experimente der HEDGEHOB-Kollaboration bei FAIR, sowie Messungen thermodynamischer Eigenschaften unterschiedlicher Materialien und deren Verhalten im Bereich des kritischen Punktes sowie bei Phasenübergängen.

P III.30 Di 11:00 Poster C3

Kontaktfreie Leitfähigkeitsmessungen an durch Schwerionen erzeugter Materie hoher Energiedichte — ●JOHANNES LING¹, ALEXANDER FERTMAN³, VLADIMIR E. FORTOV², DIETER H.H. HOFFMANN^{1,4}, ALEXANDER HUG⁴, MICHAEL KULISH², JURIJ MENZEL¹, VICTOR MINTSEV², NINA MÜLLER¹, DMITRY NIKOLAEV², BORIS SHARKOV³, NIKOLAY SHILKIN², VLADIMIR YA. TERNOVOI², VLADIMIR TURTIKOV³, SERBAN UDREA¹ und DMITRY VARENTOV⁴ — ¹Institut für Kernphysik, TU-Darmstadt, Deutschland — ²Institute of Problems of Chemical Physics, Chernogolovka, Russia — ³Institute for Theoretical and Experimental Physics, Moscow, Russia — ⁴Gesellschaft für Schwerionenforschung, Darmstadt, Deutschland

Die elektrische Leitfähigkeit ist eine fundamentale Transporteigenschaft der Materie, für die es keine allgemeine Theorie gibt. Deswegen sind Messungen dieser physikalischen Größe unter den verschiedensten Bedingungen von großer Bedeutung.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde am Hochtemperaturmessplatz (HHT) der Plasmaphysikgruppe der Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI) ein erstes Experiment zur kontaktfreien Messung der Leitfähigkeit von Materie bei hoher Energiedichte durchgeführt. Das untersuchte Target war ein mit intensiven, stark fokussierten Uran-Schwerionenstrahlen geheizter Bleidraht. Darüber hinaus wurde das Frequenzverhalten der Reflexionseigenschaften von Induktionsspulen in Anwesenheit elektrischer Leiter mithilfe eines Netzwerkanalysators und Computersimulationen untersucht, was zu einem besseren Verständnis unterschiedlicher Targetgeometrien geführt hat.

P III.31 Di 11:00 Poster C3

Injection experiments for a magnetic high current ion storage ring — ●NINAD JOSHI — IAP, Max-von-Laue str. 1, 60438 Frankfurt am Main, Deutschland.

The injection experiment with a special magnetic field configuration into ion storage ring is under preparation. The objective is to mimic the scenario of a complete storage ring with toroidal magnetic field.

The system will be optimized for injection of 10 keV proton beams into two toroidal segments with a maximum field of 0.6T. The experimental setup also provides the opportunities to study the beam dynamics, space charge issues, and two beam interaction in toroidal

magnetic fields. Special attention is given to the injection coil geometry and its coupling onto the ring field. Finally, a $E \times B$ - drift will additionally be investigated to get the injected beam into the transversal ring acceptance.

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

Zeit: Donnerstag 16:00–18:30

Raum: Poster C2

P IV.1 Do 16:00 Poster C2

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

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

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

P IV.2 Do 16:00 Poster C2

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

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

P IV.3 Do 16:00 Poster C2

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

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

The 3D Monte Carlo code ERO aims to simulate these processes as following, surface erosion by plasma and impurity particles, deposition

from plasma, transport of plasma impurities and their light emission. The ERO simulations for HCs require a large set of atomic and molecular data, which has to be tested, updated and extended continuously.

Dedicated experiments for ERO benchmarking were carried out at TEXTOR in which hydrocarbons were injected into the plasma near the LCFS. The respective ERO simulations are compared with the experimental observations. The key parameters like e.g. the dependence of CD, C₂ and CII penetration depths on plasma parameters show a good agreement with the modelling. Detailed comparison between modelling and experimental results will be presented.

P IV.4 Do 16:00 Poster C2

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

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

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

P IV.5 Do 16:00 Poster C2

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

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

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

P IV.6 Do 16:00 Poster C2

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

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

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

P IV.7 Do 16:00 Poster C2

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

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

P IV.8 Do 16:00 Poster C2

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

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

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

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

P IV.9 Do 16:00 Poster C2

Experimentelle Untersuchungen über nicht-lineare Whistlerwellen Propagation — ●JÖRG PFANNMÖLLER¹, OLAF GRULKE^{1,2}, THOMAS KLINGER^{1,2} und KONRAD SAUER³ — ¹MPI für Plasma Physik, EURATOM Assoziation, Greifswald — ²Ernst-Moritz-Arndt Uni-

versität, Greifswald — ³University of Alberta, Edmonton, Canada

In der Erdmagnetosphäre zeigen Satellitenmessungen das Auftreten von Wellenpaketen (Lion Roars) [1], die Charakteristika von Whistler Solitonen aufweisen. Die Interpretation dieser Daten gestaltet sich aufgrund der Limitierung der Diagnostik jedoch schwierig. Die Existenz von phasenkohärenten Whistler Solitonen, so genannte Oszillitonen, wurde bereits theoretisch vorhergesagt [2], der Nachweis im Labor steht bisher aus. In diesem Beitrag werden Studien über die Existenz von Oszillitonen präsentiert, die am linearen Experiment VINETA durchgeführt wurden. Das Anregungssignal wird induktiv in das Plasma eingekoppelt. Das Wellenfeld wird mit Hilfe von B-Sonden vermessen. Bei harmonischer Anregung zeigt das Dispersionsverhalten der Whistlerwelle die Eigenschaften der linearen unberandeten Dispersionsrelation. Alternativ wird eine Pulsanregung verwendet, die es zulässt, die Propagationseigenschaften eines Wellenpakets zu studieren. Das Dispersionsverhalten des Pulses wird mit dem eines Oszillitons verglichen. In diesem Beitrag wird die Parameterabhängigkeit des Dispersionsverhaltens der linearen Whistler Welle und des Wellenpakets präsentiert. [1] M. Maksimovic *et al.*, *Annals Geophysicae*, **19**, (2001), 1429-1438 [2] K. Sauer *et al.*, *J. Plasma Phys.*, **69**, (2003)

P IV.10 Do 16:00 Poster C2

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

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

P IV.11 Do 16:00 Poster C2

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

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

P IV.12 Do 16:00 Poster C2

Energy confinement scaling of stellarator/heliotrons towards reactor operation — ●A. DINKLAGE¹, U. STROTH², H. YAMADA³, E. ASCASIBAR⁴, C.D BEIDLER¹, H. FUNABA³, J.H. HARRIS^{5,6}, A. KUS¹, H. MAASSBERG¹, T. MIZUCHI⁷, S. MURAKAMI⁸, S. OKAMURA³, F. SANO⁷, Y. SUZUKI³, J. TALMADGE⁹, V. TRIBALDOS⁴, YU.A. TURKIN¹, K.Y. WATANABE³, A. WELLER¹, R. WOLF¹, and M. YOKOYAMA³

— ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, Wendelsteinstr. 1, 17491 Greifswald — ²Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart — ³National Institute for Fusion Science, Toki, Japan — ⁴Laboratorio Nacional de Fusión, CIEMAT-EURATOM Association, Madrid, Spanien — ⁵Australian National University, Canberra, Australien — ⁶Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, USA — ⁷Institute of Advanced Energy, Kyoto University, Japan — ⁸Dept. of Nuclear Engineering, Kyoto University, Japan — ⁹University of Wisconsin, Madison, USA

The International Stellarator/Heliatron Confinement database is a joint effort of the stellarator community. Within the assessment of global confinement data and their scaling properties, the capabilities for the extrapolation of confinement properties towards reactor operation are an important issue for next step devices. In this contribution, an overview of the database along with considerations on scalability are given.

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

P IV.13 Do 16:00 Poster C2

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

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

Gefördert im Rahmen des Sonderforschungsbereichs TR24.

P IV.14 Do 16:00 Poster C2

Plasma structures caused by local rf activation of the passive electrode — ●FLORIAN SIGENEGER¹, RALF BASNER¹, DETLEF LOFFHAGEN¹, and HOLGER KERSTEN² — ¹INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald — ²IEAP, Christian-Albrechts-Universität, 24098 Kiel

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

P IV.15 Do 16:00 Poster C2

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

The cathode region of a dc helium-xenon discharge in spot mode has been investigated experimentally and theoretically. By means of spectroscopic measurements, the spatial profiles of the gas and the cathode

surface temperatures have been determined in the vicinity of the spot in dependence on the discharge current. Furthermore, the density of resonance and metastable xenon atoms ($1s_4$ and $1s_5$) were measured by diode laser absorption spectroscopy.

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

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

The work was supported by "Deutsche Bundesstiftung Umwelt".

P IV.16 Do 16:00 Poster C2

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

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

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

P IV.17 Do 16:00 Poster C2

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

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

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

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

P IV.18 Do 16:00 Poster C2

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

RF-getriebene Argon-Plasmajets bei Atmosphärendruck emittieren

bekanntlich Strahlung im VUV-Bereich [1]. UV- und VUV-Strahlung sind für den Einsatz in der biologischen Dekontamination und Sterilisation interessant.

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

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

P IV.19 Do 16:00 Poster C2

Einfluss von Stickstoff auf Plasma-Wand-Wechselwirkungsprozesse

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

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

P IV.20 Do 16:00 Poster C2

Particle-in-Cell Simulation of RF discharges in Ar/CH4 Gas Mixture

— ●VENKATA RAMANA IKKURTHI¹, KONSTANTYN MATYASH², RALF SCHNEIDER², JURGEN MEICHSNER¹, and ANDRE MELZER¹ — ¹Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, 17487 Greifswald, Germany — ²Max-Planck Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, 17491 Greifswald, Germany

Some experiments have been performed in the past, where IEDs of various ion species in Ar/CH4 gas mixture were measured at electrodes. We have employed a one-dimensional PIC-MCC code to study this Ar/CH4 system. In this model, particles (electrons and ions) are treated kinetically, which allows to self-consistently resolve the electrostatic sheath in front of the material wall. We have considered 17 species: H+, H2+, C+, CH+, CH2+, CH3+, CH4+, Ar+, ArH+, H, H*2, C, CH, CH2, CH3, CH4, Ar. The code also includes various elastic and inelastic collisions between different reactive species. 1-D simulations have been carried out to obtain electron-energy-distribution (EEDs) and IEDs for the similar gas mixture conditions and RF source parameters used in experiments. The effect of various elastic and charge-exchange collisions on these distributions has been studied and compared with experimental observations.

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

P IV.21 Do 16:00 Poster C2

CF-Kinetik in gepulsten CF4/H2 RF-Plasmen

— ●SERGEY STEPANOV¹, ONNO GABRIEL² und JURGEN MEICHSNER¹ — ¹Universität Greifswald, Institut für Physik, Felix-Hausdorff-Str. 6, 17487 Greifswald — ²Eindhoven University of Technology, Department of Applied Physics

Das CF-Molekül ist als ein kurzlebige Radikal in fluorkohlenstoffhaltigen Plasmen bekannt und spielt eine wichtige Rolle in plasmachemischen Prozessen. Die Konzentration von CF wird in einem gepulsten kapazitiv gekoppelten CF4/H2 RF-Plasma mittels In-

fraRed Tunable Diode Laser Absorption Spectroscopy (IR-TDLAS) absolut bestimmt. Das Absorptionsspektrum für die elektronischen Grundzustände ²Π_{1/2}- und ²Π_{3/2} wurde berechnet und das Dublett R(7,5) für die Messungen ausgewählt. Die beiden Absorptionslinien bei 1308,4959 cm⁻¹ bzw. 1308,5032 cm⁻¹ besitzen jeweils eine Stärke von 3,49*10⁻¹⁹ cm/Molekül. Unter bestimmten Plasmabedingungen weisen die zeitlichen Verläufe der CF-Dichte am Anfang der "Plasma-an"-Phase kurzzeitige Überhöhungen auf, die aus der Literatur nicht bekannt sind. Die zugehörigen zeitlichen Verläufe der C2F4-Dichten zeigen einen markanten Abbau von C2F4 in der "Plasma-an"-Phase und korrelieren mit der Überhöhung der CF-Dichte. In massenspektrometrischen Untersuchungen wurde festgestellt, dass das Fragmention CF⁺ ein Hauptprodukt bei der Elektronenstoßionisation von C2F4 darstellt [1]. Die Dissoziation von C2F4 wird deshalb als eine wesentliche Quelle für die Überhöhung der CF-Dichte angesehen. [1]: H U Poll and J Meichsner 1987 *Contrib. Plasma Phys.* 27 359

P IV.22 Do 16:00 Poster C2

Bildung negativer Sauerstoffionen an Yttrium stabilisierten Zirkonoxidoberflächen in asymmetrischen RF-Sauerstoffplasmen (CCP)

— ●CLAUDIA HATRATH, HOLGER TESTRICH und JURGEN MEICHSNER — Universität Greifswald, Institut für Physik, Felix-Hausdorff-Str. 6, 17487 Greifswald

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

P IV.23 Do 16:00 Poster C2

Raum-zeitlich aufgelöste optische Emissionsstrukturen und Anregungsraten im Randschichtbereich kapazitiv gekoppelter RF-Plasmen

— ●SEBASTIAN NEMSCHOKMICHAL, KRISTIAN DITTMANN und JURGEN MEICHSNER — Universität Greifswald, Institut für Physik, Felix-Hausdorff-Straße 6, 17487 Greifswald

Beitrag wurde verschoben zu P 15.6

P IV.24 Do 16:00 Poster C2

Metastable Argon Atoms in RF-sheath of Capacitively Coupled 13.56 MHz Plasma

— ●KRISTIAN DITTMANN¹, NADER SADEGHI², and JURGEN MEICHSNER¹ — ¹University of Greifswald, Institute of Physics, Greifswald, Germany — ²Université Joseph Fourier & CNRS, Laboratoire de Spectrometrie Physique, Grenoble, France

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

P IV.25 Do 16:00 Poster C2

Charakterisierung einer RF-Entladung mittels Thermosonde

— ●MATTHIAS WOLTER, MARC STAHL, MORITZ HAASS, TAALKE OCKENGA, CHRISTOPH TERASA und HOLGER KERSTEN — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-

Universität Kiel, Leibnizstraße 11-19, 24098 Kiel

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

Es werden systematische Messungen zum Energieeintrag in radialer und axialer Richtung eines HF-Plasmas (PerPlex) für verschiedene Druck- und Leistungsbereiche gezeigt, die typisch für die von uns durchgeführten „dusty Plasma“ Experimente sind.

P IV.26 Do 16:00 Poster C2

Zur radialen Struktur der Elektronendichte und der Gastemperatur in der positiven Säule von DC-Sauerstoffentladungen — ZDENEK NAVRATIL¹, •HOLGER TESTRICH², DIRK PASEDAG², RENE REIMER², CHRISTIAN WILKE³ und HANS-ERICH WAGNER² — ¹Masaryk University, Brno, Czech Republic — ²Universität Greifswald, Institut für Physik — ³Leibniz-Institut e.V., Greifswald

Die radiale Struktur der Ladungsträger und der Gastemperatur beeinflusst die Instabilität in elektronegativen Plasmen. In diesem Beitrag werden radial aufgelöste Sondenmessungen der Elektronen-Konzentration und -Energie in der H- und T-Form in DC O₂-Entladungen ($I = 0-60$ mA; $p_0 = 0,3 - 1,0$ Torr) vorgestellt und diskutiert (Säulenlänge: 50 cm, Radius $r_0 = 2, 5$ cm). Die Rotationstemperaturen, welche unter diesen Bedingungen in guter Näherung mit der Gastemperatur übereinstimmen, wurden mittels zweier Verfahren spektroskopisch ermittelt: aus der Rotationsstruktur des (0-0) Überganges $O_2(b^1\Sigma_g^+ \rightarrow O_2(X^3\Sigma_g^-)$ sowie aus dem Verhältnis der Maxima zweier Linien ihres P- und Q-Zweiges. Letztere Methode lieferte brauchba-

re Werte auch bei der bekannt schwachen Emission des O₂-Plasmas, insbesondere bei kleinen Stromstärken. Die Messungen stimmen gut mit Werten aus der Lösung der radialen Wärmebilanz überein. Die Achsentemperaturen zeigen signifikante Sprünge beim Übergang von der H- zur T-Form und widerspiegeln deutlich die dabei auftretende Hysterese.

Gefördert im Rahmen des SFB-TR 24, Projekt B1

P IV.27 Do 16:00 Poster C2

Erosion dotierter Kohlenstoffmaterialien in Deuterium-Niedertemperaturplasmen bei verschiedenen Oberflächentemperaturen — •PATRICK STARKE¹, DAVID FILIMONOV¹, MARTIN BALDEN², MANUEL MARTINEZ ESCANDELL³ und JOSE MANUEL RAMOS FERNANDEZ³ — ¹Lehrstuhl für Experimentelle Plasmaphysik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, 85748 Garching — ³Departamento de Química Inorgánica, Universidad de Alicante, 03080 Alicante, Spanien

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