

Fachverband Plasmaphysik (P)

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

Übersicht der Hauptvorträge und Fachsitzungen (Hörsaal Biochemie (groß) und INP-Staffelgeschoß; Poster im Foyer des IFP)

Hauptvorträge

P 1.1	Mo	11:40–12:10	HS Biochemie (groß)	Physik warmer dichter Materie und Modellierung großer Planeten — •NADINE NETTELMANN, MARTIN FRENCH, BASTIAN HOLST, WINFRIED LORENZEN, RONALD REDMER
P 1.2	Mo	12:10–12:40	HS Biochemie (groß)	Physik der Niederdruck-Mikrowellenentladungen für plasmatechnologische Anwendungen — •ANDREAS SCHULZ, EVELYN HÄBERLE, JOCHEN KOPECKI, MARTINA LEINS, JOACHIM SCHNEIDER, MATTHIAS WALKER, ULRICH STROTH
P 6.1	Di	11:10–11:40	HS Biochemie (groß)	Plasmageneratoren für die Simulation von Rückkehrflügen aus dem Weltraum — •HANNAH BÖHRK
P 6.2	Di	11:40–12:10	HS Biochemie (groß)	Plasma-Wand Wechselwirkung in Fusionsexperimenten und Schlussfolgerungen für ITER — •ANDREAS KIRSCHNER
P 12.1	Mi	11:10–11:40	HS Biochemie (groß)	Plasmalichtquellen. Physik und Anwendung — •STEFFEN FRANKE
P 12.2	Mi	11:40–12:10	HS Biochemie (groß)	A surface-physics inspired model for particle charging in plasmas — •FRANZ XAVER BRONOLD, HOLGER FEHSKE, HANS DEUTSCH, HOLGER KERSTEN
P 20.1	Do	11:10–11:40	HS Biochemie (groß)	Fast-particle-driven modes in fusion plasmas — •PHILIPP LAUBER, SIBYLLE GUENTER, MICHAEL BRUEDGAM, MANUEL GARCIA-MUNOZ, VALENTIN IGOCHINE, MARK MARASCHEK
P 20.2	Do	11:40–12:10	HS Biochemie (groß)	Overview on turbulence generated zonal flow shear — •ANDREAS KRÄMER-FLECKEN

Hauptvorträge im Symposium Interdisziplinarität: Plasma + Medizin/Biologie (SYMB)

Siehe SYMB für das komplette Programm des Symposiums.

SYMB 1.1	Mi	13:30–14:00	HS Biochemie (groß)	Einsatz von Niederdruckplasmen für biomedizinische Anwendungen — •CHRISTIAN OEHR
SYMB 1.2	Mi	14:00–14:30	HS Biochemie (groß)	BIODECON - European project on plasma inactivation of bacteria and biomolecules — •JAN BENEDIKT, CHRISTOPH FLÖTGEN, LYUDMYLA BYELYKH, VANESSA RABALLAND, ACHIM VON KEUDELL, HELMUT HALFMANN, PETER AWAKOWICZ, THIERRY SINDZINGRE, PETER MURANYI, JOACHIM WUNDERLICH, ONDREJ KYLIAN, MARINA HASIWA, FRANCOIS ROSSI, EMMANUEL COMOY, JENS SCHELL, JEAN-PHILIPPE DESLYS
SYMB 1.3	Mi	14:30–15:00	HS Biochemie (groß)	Gleichspannungsgetriebener Plasmastrahl in Form einer dünnen Nadel — •DAMIAN DUDEK, NIKITA BIBINOV, JÜRGEN ENGEMANN, PETER AWAKOWICZ
SYMB 1.4	Mi	15:00–15:30	HS Biochemie (groß)	Plasmamedizin - ein modernes Anwendungsfeld der Plasmaphysik — •THOMAS VON WOEDTKE, KLAUS-DIETER WELTMANN

SYMB 1.5	Mi	15:50–16:20	HS Biochemie (groß)	Plasmabasierte Anwendungen in der Medizin - Chancen, Risiken, Hoffnungen, Bedingungen — •NILS-OLAF HÜBNER, AXEL KRAMER
SYMB 1.6	Mi	16:20–16:50	HS Biochemie (groß)	Untersuchungen zur Wechselwirkung gepulster elektrischer Felder mit biologischen Zellen — •WOLFGANG FREY, MARTIN SACK, CHRISTIAN GUSBETH, CHRISTIAN EING, THOMAS BERGHÖFER, BIANCA FLICKINGER
SYMB 1.7	Mi	16:50–17:20	HS Biochemie (groß)	Plasmatechnische Werkzeuge für die Medizintechnik — •ERNST-DIETER KLINKENBERG, HANS-GEORG NEUMANN
SYMB 1.8	Mi	17:20–17:50	HS Biochemie (groß)	Atmosphärendruckplasmaquellen für biomedizinische Anwendungen: Möglichkeiten und Herausforderungen — •RONNY BRANDENBURG, ECKHARD KINDEL, THOMAS VON WOEDTKE, JÖRG EHLBECK, KLAUS-DIETER WELTMANN

Hauptvorträge des Symposiums Energetic Particle Acceleration in Space and Laboratory (SYPA)

Siehe SYPA für das komplette Programm des Symposiums.

SYPA 1.1	Mi	17:00–17:30	Zahnklinik	Particle acceleration in astroparticle physics — •REINHARD SCHLICKEISER
SYPA 1.2	Mi	17:30–18:00	Zahnklinik	Recent results on electron acceleration in solar flares obtained from hard X-ray diagnostics — •ALEXANDER WARMUTH, GOTTFRIED MANN
SYPA 1.3	Mi	18:00–18:30	Zahnklinik	On runaway electrons — •PER HELANDER

Hauptvorträge des Symposiums Numerical Simulation of Hightemperature Plasmas (SYNS)

Siehe SYNS für das komplette Programm des Symposiums.

SYNS 1.1	Do	14:00–14:30	HS Biochemie (groß)	Kinetic Dissipation of Solar Wind Turbulence — •GREGORY G. HOWES
SYNS 1.2	Do	14:30–15:00	HS Biochemie (groß)	Multiscale Simulations of Magnetohydrodynamic Flows — •RAINER GRAUER

Fachsitzungen

P 1.1–1.2	Mo	11:40–12:40	HS Biochemie (groß)	Hauptvorträge Nettelmann, Schulz
P 2.1–2.8	Mo	14:00–16:10	HS Biochemie (groß)	Plasmatechnologie
P 3.1–3.12	Mo	14:00–17:30	INP-Staffelgeschoß	Diagnostik
P 4.1–4.9	Mo	16:30–18:55	HS Biochemie (groß)	Staubige Plasmen
P 5.1–5.3	Mo	17:30–18:15	INP-Staffelgeschoß	Sonstiges
P 6.1–6.2	Di	11:10–12:10	HS Biochemie (groß)	Hauptvorträge Böhrk, Kirschner
P 7.1–7.14	Di	13:15–17:05	HS Biochemie (groß)	Theorie/Modellierung I
P 8.1–8.14	Di	13:30–17:20	INP-Staffelgeschoß	Niedertemperaturplasmen
P 9.1–9.30	Di	17:30–19:30	Foyer des IfP	Poster: Niedertemperaturplasmen
P 10.1–10.16	Di	17:30–19:30	Foyer des IfP	Poster: Plasmatechnologie
P 11.1–11.22	Di	17:30–19:30	Foyer des IfP	Poster: Staubige Plasmen
P 12.1–12.2	Mi	11:10–12:10	HS Biochemie (groß)	Hauptvorträge Franke, Bronold
P 13.1–13.8	Mi	13:30–15:30	INP-Staffelgeschoß	Magnetischer Einschluss I
P 14.1–14.7	Mi	15:50–17:45	INP-Staffelgeschoß	Plasma-Wand-Wechselwirkung
P 15.1–15.23	Mi	17:30–19:30	Foyer des IfP	Poster: Diagnostik
P 16.1–16.17	Mi	17:30–19:30	Foyer des IfP	Poster: Magnetischer Einschluss
P 17.1–17.5	Mi	17:30–19:30	Foyer des IfP	Poster: Plasma-Wand-Wechselwirkung
P 18.1–18.28	Mi	17:30–19:30	Foyer des IfP	Poster: Theorie/Modellierung
P 19.1–19.5	Mi	17:30–19:30	Foyer des IfP	Poster: Sonstiges
P 20.1–20.2	Do	11:10–12:10	HS Biochemie (groß)	Hauptvorträge Lauber, Krämer-Flecken
P 21.1–21.2	Do	12:10–12:50	INP-Staffelgeschoß	Magnetischer Einschluss II
P 22.1–22.3	Do	12:10–13:05	HS Biochemie (groß)	Theorie/Modellierung II

Mitgliederversammlung Fachverband Plasmaphysik

Dienstag, 31.03.2009 12:10–12:40 Hörsaal Biochemie (groß)

P 1: Hauptvorträge Nettelmann, Schulz

Zeit: Montag 11:40–12:40

Raum: HS Biochemie (groß)

Hauptvortrag P 1.1 Mo 11:40 HS Biochemie (groß)
Physik warmer dichter Materie und Modellierung großer Planeten — •NADINE NETTELMANN, MARTIN FRENCH, BASTIAN HOLST, WINFRIED LORENZEN und RONALD REDMER — Universität Rostock, Institut für Physik, D-18051

In der Plasmaphysik und in der extraterrestrischen Physik gewinnt die Modellierung großer Planeten innerhalb und außerhalb des Sonnensystems zunehmend an Bedeutung. Dies beruht zum einen auf der wachsenden Zahl an extrasolaren Planeten, die sowohl mittels Radialgeschwindigkeitsmessung als auch mittels der Transitmethode beobachtet werden konnten. Zum anderen sind in den letzten Jahren auf der Basis von ab-initio-Simulationen neue Zustandsgleichungen der für große Planeten relevanten Materialien Wasserstoff, Helium und Wasser im Hochdruckbereich erstellt worden.

Wir geben eine Einführung in den generellen Aufbau großer Planeten, wie er aus den Observablen der Voyager- und Galileo-Missionen abgeleitet werden kann und präsentieren spezielle Ergebnisse für Jupiter, Saturn, Neptun und für ausgewählte extrasolare Planeten. Wir diskutieren die Resultate für die Kernmasse und die Metallizität in Abhängigkeit von den Observablen und den Materialeigenschaften.

Ein besonders interessantes Problem bei Saturn stellt seine hohe Luminosität dar, die auf eine innere Energiequelle schließen läßt. Dafür gilt seit langem Helium-Sedimentation als Folge von Entmischung als die vielversprechendste Erklärung. Diese Hypothese diskutieren wir abschließend in Verbindung mit neuen ab-initio-Daten zur Entmischung.

Hauptvortrag P 1.2 Mo 12:10 HS Biochemie (groß)

Physik der Niederdruck-Mikrowellenentladungen für plasmatechnologische Anwendungen — •ANDREAS SCHULZ, EVELYN HÄBERLE, JOCHEN KOPECKI, MARTINA LEINS, JOACHIM SCHNEIDER, MATTHIAS WALKER und ULRICH STROTH — Institut für Plasmaforschung der Universität Stuttgart

Viele der innovativen technologischen Entwicklungen der letzten Jahre wurden erst durch neue Materialien, Materialkombinationen und vor allem durch angepasste oder veränderte Oberflächen ermöglicht. Bei den Oberflächentechnologien nimmt die Plasmatechnologie mittlerweile eine führende Rolle ein und erweist sich in vielen Bereichen als Triebkraft für Innovation. Eine äußerst attraktive Methode Plasmen zu generieren, bieten Entladungen, die mit Mikrowellen betrieben werden. Im Niederdruck stellen sie ein extremes thermodynamisches Nichtgleichgewicht mit heißen Elektronen sowie kalten Ionen und Neutrale bereit. Die energiearmen Schwereteilchen verhindern die thermische Belastung von sensitiven Materialien; die energiereichen Elektronen bieten aber eine effektive Plasmachemie, die durch die hohen Elektronendichten noch potenziert wird. Der Vortrag gibt einen Überblick über die vielfältigen Methoden mit Mikrowellen Plasmen zu generieren. Diese reichen von ECR-Plasmen über lineare Niederdruck-Mikrowellenentladungen bis zu atmosphärischen Plasmafackeln. Die Plasmen werden mit spektroskopischen Methoden und Sondendiagnostik untersucht und mit Simulationen verglichen. Die physikalischen Eigenschaften dieser Plasmen werden diskutiert und Beispiele für Anwendungen vorgestellt.

P 2: Plasmatechnologie

Zeit: Montag 14:00–16:10

Raum: HS Biochemie (groß)

Fachvortrag P 2.1 Mo 14:00 HS Biochemie (groß)
3D MHD-Modellierung eines induktivgekoppelten Plasmabrenners — •MARGARITA BAEVA, DIRK UHRLANDT und KLAUS-DIETER WELTMANN — INPGreifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald, Germany

Induktionsbrenner werden u.a. zur Herstellung von optischen Fasern angewendet. Die Optimierung des Abscheidungsprozesses ist ein vielparametrisches Problem. Die Ausnutzung einer Simulation der Strömungsverhältnisse im Brenner und in der Abscheidungszone gekoppelt mit der Simulation der Energiebilanz und chemischen Zusammensetzung bei Anwendung der "Computational Fluid Dynamics" (CFD) kann wesentlich zur Aufklärung der komplexen Strömungs-, Temperatur- und Abscheidungsverhältnisse beitragen. Mit Hilfe einer 3D CFD-Simulation wurde ein induktiv gekoppelter Plasmabrenner unter Voraussetzung eines lokalen thermodynamischen Gleichgewichts untersucht und an den Abscheidungsprozess von SiO₂ an der Oberfläche eines bewegten Substrats gekoppelt. Insbesondere wurden die Energieeinkopplung, die Abweichungen von der Rotationssymmetrie und das Vermischen der Gaskomponenten N₂, O₂ und SiCl₄ im Brenner untersucht. Das Modell liefert die Abscheiderate am Substrat und an den Brennerwänden als Funktion u.a. der Induktionsleistung, der Precursor- und der Gaszufuhr und lässt sich zur Optimierung des Brenners ansetzen.

Fachvortrag P 2.2 Mo 14:25 HS Biochemie (groß)
Optische Emissionsspektroskopie an einer Mikrowellenplasmaquelle für den Abbau von halogenierten VOC bei Atmosphärendruck — •MARTINA LEINS, ANDREAS SCHULZ, MATTHIAS WALKER, UWE SCHUMACHER und ULRICH STROTH — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart

Die Reinhaltung der Luft und somit der Abbau von Abgasen gewinnen angesichts des Klimawandels zunehmend an Bedeutung. Insbesondere der Abbau von klimaschädlichen halogenierten VOC (volatile organic compounds) ist von immer größer werdender Bedeutung. Die vorgestellte Plasmaquelle, die sich gut für die Abgasreinigung eignet, basiert auf einem Resonatorprinzip. Mikrowellen mit einer Frequenz von 2,45 GHz werden so in den axial symmetrischen Hohlraum eingekoppelt, dass sich in dessen Mitte ein hohes elektrisches Feld aufbauen

kann, welches die Zündung eines Plasmas bei Atmosphärendruck ohne weitere Zündhilfe ermöglicht und zu einem stationären Betrieb der Plasmaquelle beiträgt. Hierzu wurden Simulationen der elektrischen Feldverteilung mit ComsolMultiphysics[®] durchgeführt. Das Plasma wurde mittels optischer Emissionsspektroskopie charakterisiert. Die Gasrotationstemperatur wurde aus dem A²Σ⁺ – X²Π_γ-Übergang des freien OH-Radikals zu 3600 - 4000 K im Resonator bestimmt. Eine Abschätzung der Elektronentemperatur zu 5000 - 6500 K ergab sich aus der Messung der Anregungstemperatur mittels Sauerstoffatomlinien. Weitere spektroskopische Untersuchungen wurden an CF₄- und SF₆-haltigen N₂-Plasmen zum Abbau von halogenierten VOC durchgeführt, um Aufschluss über mögliche Reaktionskanäle zu erhalten.

Fachvortrag P 2.3 Mo 14:40 HS Biochemie (groß)
IR-spektroskopische Untersuchungen zum Abbau flüchtiger organischer Substanzen (VOC) in einem mehrstufigen, geschütteten Plasmareaktor — •MARKO HÜBNER und JÜRGEN RÖPCKE — INP Greifswald e.V., Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald

Leicht flüchtige organische Substanzen (engl. Volatile Organic Compounds, VOCs) finden eine breite Verwendung in der chemischen Industrie. Von vielen VOCs ist bekannt, dass sie gesundheitsschädliche Eigenschaften besitzen. Die Abluft vieler industrieller Prozesse enthält VOCs, die wegen ihrer gesundheitsschädlichen Eigenschaften nicht in die Umwelt gelangen dürfen. Dieser Beitrag beschäftigt sich mit dem Abbau von VOCs mittels atmosphärischen Plasmen. Basierend auf einem neuen Ansatz von Whitehead und Mitarbeitern, wurde ein mehrstufiger Reaktor gebaut. Eine Stufe besteht aus zwei gitterförmigen ebenen Elektroden, die mit Glaskugeln gefüllt sind. Das VOC enthaltende Abgas strömt senkrecht durch die einzelnen Stufen. Harling konnte zeigen, dass so betriebene Stufen in einer seriellen Anordnung eine sehr viel höhere VOC-Abbauraten erreichen als eine parallele Anordnung. Die Aufklärung der Ursache dieses Synergieeffektes ist Ziel des vorliegenden Beitrages. Als Testabgas wurde Ethylen in Luft verwendet. Die postplasma Abluft wurde durch eine optische Langwegzelle geleitet und mit FTIR Spektroskopie charakterisiert. Die vorliegende Untersuchung konnte zeigen, dass eine effektive Abbauraten von 97% möglich ist.

P 2.4 Mo 14:55 HS Biochemie (groß)

Einfluss der Kondensatverteilung auf die Zündung von Quecksilberfreien D-Lampen — ●CORNELIA RUHRMANN¹, MARC CZICHY², JÜRGEN MENTEL¹ und PETER AWAKOWICZ¹ — ¹Ruhr-Universität Bochum, D-44801 Bochum — ²OSRAM GmbH, D-13629 Berlin

D-Lampen sind Hochdruckgasentladungslampen, die im Automobilbereich in Hauptscheinwerfern eingesetzt werden. In den bisher verwendeten Lampen befindet sich eine geringe Menge an Quecksilber. Mit Hilfe des Quecksilber-Dampfdruckes wird die Brennspannung und dadurch der Leistungseintrag in den Lampen-Lichtbogen kontrolliert. Da Quecksilber ein giftiges und umweltschädliches Schwermetall ist, wird in einer neuen Generation von Lampen dieses durch das Metallhalogenid Zinkjodid ersetzt. Der Einsatz von Zinkjodid führt zu einer erhöhten und stark streuenden Zündspannung. Zeitaufgelöste optische und elektrische Untersuchungen der Zündung zeigen, dass sich die Zündspannung durch Gleitfunken entlang der Innenwand des Lampenkolbens reduzieren lässt. Der Einfluss der Kondensatverteilung im Entladungsgefäß auf die Form der Zündung und den Zündspannungsbedarf von quecksilberfreien D-Lampen wird anhand einer gezielten Manipulation der Zünd-Kathode untersucht. Durch Erhitzen der Elektrode mittels eines gepulsten IR-Lasers verdampfen die Salzablagerungen auf der Elektrode und kondensieren sofort auf der kalten Gefäßwand in Elektrodennähe. Vor allem bei Lampen, die zur Zündung eine hohe Spannung benötigen, führt die Erhitzung der Kathode vorübergehend zu einer starken Reduktion der Zündspannung. Gefördert durch die DFG (GRK 1051) und OSRAM GmbH, Berlin.

P 2.5 Mo 15:10 HS Biochemie (groß)

Resonanzheizung von kapazitiv gekoppelten, asymmetrischen Zweifrequenzentladungen — ●DENNIS ZIEGLER, THOMAS MUSSEN-BROCK und RALF PETER BRINKMANN — Ruhr Universität Bochum, Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, 44780 Bochum

Die bei geringem Druck in kapazitiv gekoppelten Entladungen umgesetzte Leistung kann durch selbsterregte kollektive Resonanzen stark erhöht werden. Auf der Basis eines nichtlinearen, globalen Modells für kapazitiv gekoppelte, asymmetrische Zweifrequenzentladungen wird ein Experiment nachgebildet und der gemessene Hochfrequenzstrom bestmöglich approximiert. Ausgehend von dieser Approximation kann die zeitliche Dynamik der Entladung, und dabei insbesondere die auftretende Dissipation, untersucht werden. Es zeigt sich, dass zu Zeitpunkten, an denen die Randschicht kollabiert, also der Spannungsabfall über der Randschicht minimal wird, ein starker Zuwachs der in der Entladung umgesetzten Leistung zu verzeichnen ist. Genau zu diesen Zeitpunkten wird die Dynamik der Entladung durch die nichtlineare Interaktion von Hochfrequenzquellen und Plasmarandschicht stark beeinflusst. Dies wird sichtbar in der Anregung einer kollektiven Resonanz, auch bekannt als Plasmaserienresonanz. Tiefere Einblicke in die Dissipationsdynamik gewährt eine phasenaufgelöste Analyse von Bulk- und Randschichtspannung, sowie von der in der Entladung umgesetzten Momentanleistung.

P 2.6 Mo 15:25 HS Biochemie (groß)

Reactive plasma jet high-rate etching of SiC — ●INGAMARIA EICHENTOPF and THOMAS ARNOLD — Leibniz-Institut für Oberflächenmodifizierung e.V., Permoserstraße 15, 04318 Leipzig

The material removal of SiC utilizing a 13.56 MHz rf-driven fluorine containing plasma jet source at atmospheric pressure has been investigated. A coaxial nozzle with a central tube for helium and CF₄ feeding the plasma and the outer ring-shaped nozzle for N₂ to shield the plasma jet from the surrounding air is used. The diameter of the inner tube

of 0.5 mm allows the formation of a nearly Gaussian material removal function with 0.7 mm FWHM. Additionally an O₂ gas flow is provided and its effect on the etching rate is investigated for varied CF₄/O₂ ratios. By optimizing the ratio of CF₄ and O₂ gas flow an increase in etching rates is found. An increase of the etching rate with a decrease of O₂ content is detected. A maximum volume removal rate of 0.5 mm³/h has been found. To obtain the activation energy for the reaction of fluorine radicals with SiC on both the silicon and carbon face etching tests at elevated temperatures have been carried out. Changes in surface roughness are also investigated. Furthermore examinations concerning plasma jet-surface interactions without reactive gas have been performed. Material removal during inert gas treatment occurs, but additional deposition of SiO_x takes place.

P 2.7 Mo 15:40 HS Biochemie (groß)

Enhanced process simulation for Plasma Assisted Chemical Etching — ●JOHANNES MEISTER and THOMAS ARNOLD — Leibniz-Institut für Oberflächenmodifizierung e.V., Permoserstrasse 15, 04303 Leipzig, Germany

Surface figuring using CNC chemically reactive plasma jets containing fluorine species is a promising technology for the manufacture of optical elements, especially made of fused silica. However, the etching rate during plasma jet treatment strongly depends on the surface temperature which is influenced by the jet heat flux. A conventional process simulation does not consider these resulting nonlinear effects. In order to improve the process stability an enhanced etching simulation, based on a heat transfer model, is introduced. The determination is divided into two parts: At first a three-dimensional FEM heat transfer model of the work piece is established. The boundary conditions and the jet heat flux are reconstructed on the base of IR thermography during a locally fixed etching. The second step implies the calculation of the temperature dependent removal rates by use of different groove etchings. The measured and simulated topology of an etching process agree well. For figuring of a desired surface topology the conventional method of computing the CNC jet motion is applied. An improved contour accuracy is achieved by modifying the target topology according to the result of the enhanced simulation routine.

P 2.8 Mo 15:55 HS Biochemie (groß)

Untersuchungen zur Abscheidung von Aerosolen — ●SIEGFRIED MÜLLER, ROLF-JÜRGEN ZAHN und NORMAN MLECZKO — Leibniz-Inst. für Plasmaforschung und Technologie e.V., Greifswald, Deutschland

Es werden Untersuchungen zur Aerosolabscheidung in einer speziellen Entladungskonfiguration mit elektrostatischer Aufladung und Abscheidung vorgestellt. Als Entladungskonfiguration wird das Prinzip einer Oberflächen-Entladung auf der Basis von dielektrisch behinderten Entladungen (SD-DBD) benutzt. In einem Driftraum werden Ionen aus dem Plasmabereich der SD-DBD durch geeignete Pulsspannungen extrahiert. Diese laden die durch den Extraktionsraum strömenden Aerosole auf und befördern sie durch das elektrische Feld zur Wand bzw. Extraktionselektrode.

Neben der Charakterisierung des Entladungssystems werden Ergebnisse zur Aerosolabscheidung am Auslass und im Wandbereich vorgestellt. Für praktische Anwendungen können Aerosole ähnlich wie in Elektrofiltern abgeschieden werden oder es kann eine geeignete Plasmabehandlung erfolgen.

Es wurden Extraktionselektroden verschiedener Bauart untersucht. Je nach Bauart werden bis zu 75% der Aerosole bei einmaliger Durchströmung abgeschieden. Das Abscheideverhalten ist Frequenzabhängig und steigt mit höherer Frequenz.

P 3: Diagnostik

Zeit: Montag 14:00–17:30

Raum: INP-Staffelgeschoß

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

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

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

Als Grundlage wurden dafür zunächst Übersichtsspektren gemessen, Linien identifiziert und spektralselektive Filter ausgewählt. Mit Hochgeschwindigkeitsaufnahmen und Verwendung der Filter kann die

innere Dynamik des Lichtbogen sichtbar gemacht werden. Auch lassen sich Kathodenansatzpunkte gut beobachten und darstellen. Durch geschickte Auswahl von zu beobachtenden Einzellinien und der Zuordnung ihrer Intensitäten zum Stromverlauf lassen sich Strategien entwickeln, um in den Regelprozess der Schweißmaschine verbessernd eingzugreifen.

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

P 3.2 Mo 14:25 INP-Staffelgeschoß

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

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

P 3.3 Mo 14:40 INP-Staffelgeschoß

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

Neutral beams are a powerful tool to investigate plasma parameters. In a collaboration of FZJ and BINP, Charge Exchange Recombination Spectroscopy (CXRS) diagnostics is applied at TEXTOR, using the RuDI neutral beam injector providing 50keV Hydrogen atoms. Since the spatial resolution and signal level of CXRS diagnostics depend on beam angular divergency and full energy component contribution, respectively, these beam parameters should to be controlled. For that purposes, a new set of diagnostics has been designed for the RuDI injector at TEXTOR. The multi-channel beam divergency monitor based on H α Doppler shift spectroscopy is developed for investigation of beam angular divergency for each fraction (E, E/2, E/3 and H₂O). The device has 5 channels with 45° angle of observing to the beam axis. For beam profile scanning a CCD camera will be installed, thus allowing to achieve high-resolved images of the beam. Using filters of respective bright lines it will be able to monitor beam impurities such as carbon, copper etc. First results of measurements will be presented which will be considered at the RuDI-X injector development for W7-X Stellarator.

P 3.4 Mo 14:55 INP-Staffelgeschoß

Optimierung der ECE-Diagnostik für W7-X — ●STEFAN SCHMUCK, HANS-JÜRGEN HARTFUSS, MATTHIAS HIRSCH und TORSTEN STANGE — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Teilinstitut Greifswald, Wendelsteinstraße 1, 17491 Greifswald

Die magnetisch eingeschlossenen Elektronen eines Fusionsplasmas emittieren Zyklotronstrahlung, die standardmäßig zu diagnostischen Zwecken genutzt wird. Mit dieser Elektron-Zyklotron-Emissions-Diagnostik (ECE-Diagnostik) wird auch das Elektronentemperaturprofil am Stellarator Wendelstein 7-X bestimmt werden. Eine wesentliche Komponente der ECE Diagnostik für W7-X ist ein Vielkanal-Radiometer, welches am Vorgängerexperiment Wendelstein 7-AS schon entwickelt und getestet wurde [1]. Nach der Konversion von 124 -160 GHz nach 4 GHz - 40 GHz (heterodyn Prinzip) zerlegt das Radiometer das ECE*Spektrum spektral mittels einer Filterbank in 48 simultan messende Kanäle, die absolut kalibriert sind. Die Anpassung

der Filterbandbreiten der Filterbank an die Variation des magnetischen Feldes entlang der gewählten ECE-Sichtlinie am W7-X kann so gewählt werden, dass die Ortsauflösung entlang der Sichtlinie konstant ist und wesentlich nur durch grundsätzliche Bedingungen der Methode bestimmt ist. Brechungseffekte bei hohen Plasmadichten verursachen Abweichungen der ECE-Sichtlinie vom Vakuumverlauf. Die Abweichungen können mittels eines Ray-tracing-Programms [2] simuliert und ihr Einfluß auf die Ortsauflösung studiert werden. Erste Ergebnisse werden gezeigt. [1] C. Fuchs, H.J. Hartfuß, FED 53 (2001) 451 - 456 [2] N. Marushchenko et al, FST 50 (2006) 395 - 402

P 3.5 Mo 15:10 INP-Staffelgeschoß

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

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

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

P 3.6 Mo 15:25 INP-Staffelgeschoß

Optimization of ion temperature and rotation measurements by CXRS — ●BENEDIKT GEIGER, COSTANZA MAGGI, and THE ASDEX UPGRADE TEAM — Max Planck Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Garching, Deutschland

Ion temperature (T_i) and toroidal rotation (v_{tor}) profiles are routinely measured at ASDEX Upgrade (AUG) by means of charge exchange recombination spectroscopy (CXRS). Generally the diagnostic utilizes charge exchange emission from C impurities, which are naturally found in the plasma, in the presence of neutral beam injection (NBI). Following the coverage of the plasma facing components of AUG with tungsten the C concentration has strongly decreased and the signal to noise ratio of the measured profiles has degraded. Different techniques aimed at improving the T_i and v_{tor} measurements are being explored. Modulation of the neutral beams is used to separate passive and active (charge exchange) emission. In addition, CXRS measurements using other impurities than C are tested. One method uses injection of Ne gas in the discharge without perturbing the plasma. Another method exploits the operation with N2 seeding as a tool for divertor cooling. A quantitative analysis of the signal to noise ratio for each method is presented and the relative merit of each technique is assessed with respect to representative discharge conditions in ASDEX Upgrade.

P 3.7 Mo 15:40 INP-Staffelgeschoß

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

The heavy ion beam probe (HIBP) is an established non-perturbing diagnostic for determining spatial distributions of plasma potential, density, temperature and poloidal magnetic field of magnetically confined plasmas. These quantities can be determined from the change in the ion beam parameters (charge, intensity and trajectory) passing through a plasma volume due to collisions with electrons and interactions with the confining magnetic field. The WEGA HIBP operates with a Na^+ with an energy of 39.5 keV and beam current 35 μA .

Conventionally the coordinate mapping of the HIBP is provided by ray tracing calculations of the ion beam in the magnetic field. However, it is very difficult to include all physical effects in the model, thus the result of the calculations may significantly differ from the real probing position. In order to improve the mapping precision an additional measurements of the beam position have been provided using a beam detector array inside the vacuum vessel. This allows to compare the measured and calculated ion beam position in order to find out the reasons for the coordinate mismatch and include adjustments in the calculation code. Results of this calibration are presented in this work.

P 3.8 Mo 15:55 INP-Staffelgeschoß

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

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

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

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

20 min. break

P 3.9 Mo 16:30 INP-Staffelgeschoß

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

Der koplanare Mikro Atmosphärendruck Plasma Jet (μ -APPJ) ist eine kapazitiv gekoppelte Radiofrequenzentladung (13.56 MHz) und wurde speziell für optimalen Zugriff für optische Diagnostiken entwickelt. Die einfache Geometrie erleichtert ebenfalls die Modellierung. Die homogene Glimmentladung wird mit Helium betrieben, dem eine kleine Menge molekularen Sauerstoffs beigemischt wird. Wir berichten über absolut kalibrierte, orts aufgelöste Messungen atomarer Sauerstoffdichten vom Entladungskern bis in den Effluent des μ -APPJ, welche gut mit aktuellen Simulationen für entsprechende Entladungen übereinstimmen. Während für den Effluent atomare Sauerstoffdichten in der Größenordnung von 10^{14} cm^{-3} gemessen werden, liegen sie im Kernplasma bei einigen 10^{16} cm^{-3} . Besonderer Augenmerk wird auf das Abfallverhalten im Übergangsbereich zwischen Kern und Effluent, und dessen Abhängigkeit von den Betriebsparametern gelegt. Während zum Beispiel die Gastemperatur im Effluent mit herkömmlichen Thermoelementen gemessen werden kann, werden für das Kernplasma optische Methoden benötigt. Das Projekt wird gefördert durch das DFG Graduiertenkolleg 1051, die Researchschool der Ruhr-Universität Bochum und dem DFG Projekt SCHU2353.

P 3.10 Mo 16:45 INP-Staffelgeschoß

Characterization of Dielectric Barrier Discharge for human skin treatment — •PRIYADARSHINI RAJASEKARAN¹, NIKITA BIBINOV¹, DIRK WANDKE², WOLFGANG VIÖL³, and PETER AWAKOWICZ¹ — ¹Institute for Electrical Engineering and Plasma Technology, Ruhr-Universität Bochum, Bochum, Germany — ²CINOGY

GmbH, Duderstadt, Germany — ³University of Applied Sciences and Arts, Faculty of Natural Sciences and Technology, Göttingen, Germany
Dielectric Barrier Discharge(DBD) on human skin is characterized using optical emission spectroscopy, current-voltage measurements, microphotography and plasma-chemical modeling. Human body can serve as the opposite electrode. Influence of opposite electrode material and geometry on plasma conditions is studied. Electron distribution function and electron density are determined by comparing calculated and measured nitrogen spectra. Intensity distribution in nitrogen emission spectra is calculated and compared with measured. Gas temperature in plasma channels is determined using rotational distribution in neutral nitrogen emission spectra. The measured gas temperature and plasma parameters depend on the material of the opposite electrode (human skin, aluminum, glass, water, salt solution) and inter-electrode distance. Production of photons, nitrogen and oxygen atoms, nitric oxides, nitrogen and oxygen metastables in plasma channels and in afterglow phase are calculated using determined plasma conditions. The results of different opposite electrodes are used to optimize the discharge for therapeutic application in dermatology.

P 3.11 Mo 17:00 INP-Staffelgeschoß

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

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

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

P 3.12 Mo 17:15 INP-Staffelgeschoß

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

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

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

P 4: Staubige Plasmen

Zeit: Montag 16:30–18:55

Raum: HS Biochemie (groß)

Fachvortrag P 4.1 Mo 16:30 HS Biochemie (groß)
Über den Einfluß des Neutralwindes auf 2D-Staubcluster in einer HF-Plattenentladung* — ●FRANKO GREINER, JAN CARSTENSEN und ALEXANDER PIEL — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität Kiel, 24098 Kiel

Der Einschluß von Mikrometer großen Staubteilchen in HF-Plattenreaktoren erfolgt üblicherweise im Druckbereich von etwa 10 Pascal, in dem die Knudsenzahl an der Grenze zum Knudsenbereich liegt, dem Übergangsbereich zwischen dem Hydrodynamischen und dem Molekularströmungsregime. Somit ist es möglich durch Einbringen einer, zu den Elektroden parallelen, rotierenden Scheibe, eine viskose Scherströmung des Neutralgases mit no-slip Bedingung an den Wänden anzuregen. Kleine Staubcluster können nun als Geschwindigkeitssensoren benutzt werden. Die Analyse zeigt eine vollständige Übereinstimmung mit hydrodynamischen Modellrechnungen. Das Faktum, dass auch bei Drücken von wenigen Pascal viskose Strömungen des Neutralgases angeregt werden können, kann zudem eine Diskrepanz erklären zwischen der experimentell beobachteten Rotationsbewegung von Staubclustern in der Randschicht schwach magnetisierter HF-Plasmen und dem Standardmodell, das eine Balance aus Ionenwindkraft und Reibung an einem ruhenden Neutralgas annimmt.

*Gefördert von der DFG im Projekt SFB-TR24 A2

P 4.2 Mo 16:55 HS Biochemie (groß)
Experimentelle Untersuchungen des Iondrag in einem Ionenstrahl — VIKTOR SCHNEIDER, ●THOMAS TROTTEBERG und HOLGER KERSTEN — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, D-24098 Kiel

Der Iondrag bezeichnet die Kraft, die ein Mikropartikel erfährt, wenn es sich in einer Umgebung mit im Mittel gerichteter Ionenbewegung befindet, und ist einer der wichtigsten Effekte in Experimenten mit staubigen Plasmen. In den typischen Laborversuchen sind die Ionen niederenergetisch ($< 0,1\text{eV}$) und ihre Geschwindigkeitsverteilungen haben einen großen ungerichteten Anteil, d.h. es handelt sich eher um thermische Ionen mit Drift als um Strahlionen.

In unserem Beitrag berichten wir dagegen von Untersuchungen zum Iondrag in einem Ionenstrahl mit Energien von bis zu 1keV . Wir verwenden eine industrielle Breitstrahlionenquelle mit vertikal nach oben orientierter Strahlrichtung. Fallende Glashohlkugeln werden mittels gepulstem Laserstrahl und CCD-Kamera beobachtet. Die Iondrag-Kraft liegt in unseren Experimenten in der Größenordnung der Gewichtskraft und kann durch die Auswertung der Trajektorien bestimmt werden.

P 4.3 Mo 17:10 HS Biochemie (groß)
Charging and drag force on a static spherical dust grain immersed in rf discharges — ●VENKATARAMANA IKKURTHI¹, KONSTANTIN MATYASH², ANDRE MELZER¹, and RALF SCHNEIDER² — ¹Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald, 17489 Greifswald, Germany. — ²Max-Planck Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, 17491 Greifswald, Germany.

Dust charge, potential and ion drag force on static spherical dust grains located in an argon rf discharge under typical laboratory experiment conditions have been computed using a three-dimensional Particle-Particle-Mesh code. Our model allows to self-consistently resolve the electrostatic sheath in front of a wall. The MD region around the dust grain allows to resolve the dust-plasma species interactions. Elastic and inelastic collisions have been included in the current model to obtain realistic rf discharge plasma conditions. Dust charge, potential, potential distribution around the dust and ion drag force on the dust have been computed for various sizes of dust placed at different locations in the rf discharge. The dust charge is found to be less negative than the values from simple Orbit Motion Limited model due to ion-neutral collisions. The dust potential is found to be increasing with dust size. The shielding length of the dust is obtained between electron and ion Debye lengths. The drag force is found to increase nonlinearly with the dust size. The effect of collisions is to increase the ion flux to the dust grain resulting in an increase of the drag force. These studies have been extended for two static spherical dust grains located in the rf discharge and results will be presented.

P 4.4 Mo 17:25 HS Biochemie (groß)
Experimente zur Wechselwirkung zweier Staubpartikel —

●MATTIAS KROLL, DIETMAR BLOCK und ALEXANDER PIEL — IEAP der CAU Kiel, 24098 Kiel, Germany

Plasmakristalle in der Randschicht einer Hochfrequenzentladung weisen neben der hexagonalen Ordnung in horizontaler Richtung in der Regel eine ausgeprägt Kettenstruktur in vertikaler Richtung auf. Im Gegensatz dazu findet man bei dreidimensionalen Yukawa balls eine konzentrische Schalenstruktur die keine räumliche Anisotropie aufweist. Dieser strukturelle Unterschied basiert auf der gerichteten Ionenströmung in der Randschicht, die im Falle der Yukawa balls vernachlässigt werden kann. In diesem Beitrag werden Experimente zur Untersuchung der Wechselwirkung zwischen zwei Partikeln vorgestellt. Dabei ermöglicht die digitale Holographie als 3D Diagnostik die Untersuchung der Dynamik dieses Partikelsystems mit hoher Zeit- und Ortsauflösung. Durch Variation des Einfangpotentials und externer Anregung des Systems mit Hilfe von Lasermanipulation lassen sich anhand der Partikelbewegungen Rückschlüsse auf die isotropen und anisotropen Anteile des Wechselwirkungspotentials in beiden Fällen ziehen.

P 4.5 Mo 17:40 HS Biochemie (groß)
Generation of silicon nanoparticles in plasma — ●ANGELO CONSOLI, MAX ZIMMERMANN, JAN BENEDIKT, and ACHIM VON KEUDELL — Center for Plasma Science and Technology, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum

Nanoparticles are of key interest in many applications. For example they may serve as quantum dots in electric devices, as photoluminescent marker for medical diagnostics or as gas carrier for nanodisperse catalysts. A convenient way to generate nanoparticles is the synthesis in reactive plasma, fed by i.e. silane, acetylene, or a combination of molecular gases. Particles are inherently grown in such plasmas. The problem, however, is to tailor particles characteristics such as diameter and composition in a controlled way. To overcome this hurdle we study the formation of Si-nanoparticles in silane plasma as first step to compound-particles (i.e. SiCN). The neutral plasma chemistry is followed time resolved by molecular beam mass spectrometry. Bayes analysis is used to analyze the mass spectra and yields the time evolution of SiH_4 , Si_2H_6 and Si_3H_8 densities. Nanoparticles, in our experiment, are extracted from the plasma volume by means of electric fields and accelerated onto a substrate. The particle size is manipulated by varying the time delay between plasma ignition and extraction. AFM measurements of extracted particles show mean particle diameters of 2-5nm and corresponding fairly narrow size distributions. Room temperature photoluminescence emission is detected and its peak varies with particle mean size, as expected.

P 4.6 Mo 17:55 HS Biochemie (groß)
Streuung an 3D-Plasmakristallen — ●ANDREAS ASCHINGER, JENS RÄNSCH und JÖRG WINTER — Lehrstuhl für Experimentalphysik II, Ruhr-Universität Bochum, D-44780 Bochum

Führt man mikroskopische Partikel in ein Plasma ein, so können bei starker, elektrostatischer Kopplung geordnete Strukturen - so genannte Plasmakristalle - entstehen. Eine Möglichkeit diese 3D-Strukturen zu analysieren, bietet die Lichtstreuung ähnlich der Röntgenstreuung in der Festkörperphysik. Die Umsetzung stellt aufgrund der vergleichsweise geringen Anzahl an Streuern hohe Anforderungen an das Detektionssystem und verlangt eine einheitliche Struktur und Orientierung der Kristalle. In diesem Experiment werden Plasmakristalle in einer kapazitiv gekoppelten RF-Entladung bei eingekoppelten Leistungen bis 20 W und Drücken zwischen 20 und 150 Pa erzeugt. Ein Ferninfrarot-Laser erzeugt einen Strahl mit Wellenlängen ($118,8\ \mu\text{m}$ oder $170,6\ \mu\text{m}$) vergleichbar dem typischen Netzebenenabstand der Plasmakristalle. Die Aufnahmen sowohl horizontaler als auch vertikaler Kristallebenen mit einer CCD-Kamera liefern Daten zur Verifizierung der Streuexperimente. Für diese Aufnahmen werden die Kristallebenen mit einem aufgefächerten Diodenlaser beleuchtet. Eine mit dem Videosystem beobachtete Hysterese in der thermischen Energie bei einem Phasenübergang soll hier vorgestellt werden. Das Prinzip und die nötigen Voraussetzungen für die erfolgreiche Durchführung eines Streuver suches an 3D-Plasmakristallen werden aufgezeigt.

Gefördert von der DFG, "Ferninfrarotstreuung an komplexen Plasmen", WI 1700/2-1

P 4.7 Mo 18:10 HS Biochemie (groß)

Micro-particles as thermal probes in a low pressure plasma — ●HORST MAURER¹, RALF BASNER¹, and HOLGER KERSTEN² — ¹INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, D-17489 Greifswald — ²IEAP University of Kiel, D-24098 Kiel

The energetic and thermal conditions at surfaces exposed to a low pressure plasma determine their microstructure, morphology and stoichiometry and, hence, are of essential concern in surface modification. As the equilibrium temperature of objects immersed in a plasma is determined by the sum of different energy fluxes between the surface and the surrounding plasma, these fluxes can be influenced by the variation of plasma parameters and gas composition. The energetic contributions can therefore be experimentally accessed by the utilization of temperature measurements.

Unfortunately, for micro-particles levitating in the sheath of a plasma, no proper temperature diagnostic is available yet. Thus, a new non-contact diagnostic for temperature measurements on micro-scaled objects has been developed and used for the improvement of technical plasmas and the understanding of particle-plasma interactions.

In this work, a technique for non-invasive in-situ temperature measurements using luminescent phosphor particles is presented. Under uv illumination, the utilized particles show temperature dependent features in their emission spectrum. First experimental results of parametric studies on particle-temperatures will be discussed with respect to the plasma parameters determined by Langmuir probe diagnostics.

P 4.8 Mo 18:25 HS Biochemie (groß)

Staubige Plasmen in starken Magnetfeldern — ●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

Ein staubiges Plasma zeichnet sich dadurch aus, dass neben Elektronen, Ionen und Neutralteilchen kleine Partikel vorhanden sind, der

Staub. Der Staub eines solchen Plasmas ist typischerweise mit ca. 10000 Elementarladungen negativ geladen.

Unter Einfluss eines starken Magnetfeldes werden die Ionen des Plasmas magnetisiert. Die Bewegung der Ionen hat dann über die Ionenwindkraft Einfluss auf die Bewegung der Staubteilchen. Eventuell kann sogar der Staub selbst magnetisiert werden.

Bei einzelnen Staubpartikeln konnte unter Einfluss eines Magnetfeldes eine von der Magnetfeldstärke abhängige Rotation beobachtet werden. Bei finiten Staubkristallen findet man eine magnetfeldabhängige Rotation des gesamten Kristalls.

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

P 4.9 Mo 18:40 HS Biochemie (groß)

Transport processes in 2D strongly coupled complex plasmas: Numerical experiments — ●LU-JING HOU and ALEXANDER PIEL — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts Universität, D-24098 Kiel

Transport processes in low-dimensional physical systems are of particular interest because of their significance in fundamental physics, as well as their applications in many emerging low-dimensional systems, such as Carbon nanotube, graphene, colloidal suspensions and strongly coupled dusty plasmas (SCDPs). In particular, 2D SCDP has been generally regarded as a model system to study transport phenomena in these systems at the atomic level, because of its peculiar properties in favor of manipulation, observation and reproduction. We perform here numerical experiments by using Brownian dynamics method to study diffusion, shear flow and heat conduction in 2D SCDPs, as a necessary complement to real experiments and a bridge connecting theories and experiments. Particular attention is paid to factors that are not easily accessible in experiments, such as neutral gas damping effect, finite-size effect or microscopic fluxes of mass, moment and energy. Results are compared with both real experiments and established theories.

L.J.H. is support by AvH foundation. The work at CAU is supported by DFG within SFB-TR24/A2

P 5: Sonstiges

Zeit: Montag 17:30–18:15

Raum: INP-Staffelgeschoß

P 5.1 Mo 17:30 INP-Staffelgeschoß

Relativistic laser-plasma intensity measurement by nuclear-activation based diagnostics — ●MARC GÜNTHER¹, KARSTEN VOGT², KERSTIN SONNABEND¹, ERIK BRAMBRINK³, KNUT HARRES¹, INA ALBER¹, ANKE OTTEN¹, JÖRG SCHÜTRUMPF¹, KLAUS WITTE², and MARKUS ROTH¹ — ¹TU Darmstadt - Institut für Kernphysik, Darmstadt, Germany — ²GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH, Darmstadt, Germany — ³Ecole Polytechnique - LULI, Palaiseau, France

The recent progress in ultra-intense lasers induces focused intensities ($I > 10^{19}$ W/cm²) in the highly relativistic regime. During the laser-solid interaction for such high intensities, an intense relativistic electron current is injected from the plasma created on the laser focal spot inside the target. The laser absorption and the laser peak intensity during the laser-solid interaction are still unknown. The measurement of the laser peak intensity within the relativistic range with conventional techniques is not directly possible, mainly because the laser intensity is determined by the laser-plasma interaction itself.

In order to determine the "temperature" of the hot electron distribution by nuclear pyrometry we use novel activation targets as a kind of calorimeter consisting of a composition of several isotopes with different photon-neutron disintegration cross sections in the preferred (g,n) reaction type. The consequence is a relatively high reaction yield for a wide range of photon energies. The determination of the relativistic electron distribution in a wide range of laser intensities will be possible.

P 5.2 Mo 17:45 INP-Staffelgeschoß

Modulated ECRH scans in ASDEX Upgrade for electron heat transport studies — ●PHILIP SCHNEIDER, FRANCOIS RYTER, HANS-ULRICH FAHRBACH, ANJA GUDE, FRITZ LEUTERER, MARC MARASCHEK, GRIGORI PEREVERZEV, DIETMAR WAGNER, and THE ASDEX UPGRADE TEAM — Max Plank Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, D-85748 Garching, Germany

The new electron cyclotron heating system of ASDEX Upgrade is

equipped with steerable mirrors, which allow us to vary the localized energy deposition position during a single plasma discharge. Combining modulation of the ECH power with the deposition scan, we investigated the profile of the electron heat conductivity (χ_e) and the possible existence of radially localized variations of this quantity. Usually, in power modulation experiments, the radial propagation of the heat pulses are analysed. In the present work we used a new approach better suited to search for local changes of χ_e : amplitude and phase of the induced T_e modulation at the position of the ECH deposition are analysed. These two quantities react sensitively to the local value of χ_e and the results yield the profile of the heat diffusivity, which indeed exhibits local radial variations.

Besides local radial variations, which are clearly not due to MHD activity, we also investigated locked MHD modes, which show reduced transport inside an island and increased transport around it. Furthermore, the mode could be excited to rotate again due to ECH deposition at the island's location.

P 5.3 Mo 18:00 INP-Staffelgeschoß

Generation of proton bunches by ultra-short laser pulses with high contrast — ●SVEN STEINKE¹, MATTHIAS SCHNUEERER¹, THOMAS SOKOLLIK¹, PETER NICKLES¹, WOLFGANG SANDNER¹, ANDREAS HENIG², DANIEL JUNG², DANIEL KIEFER², DIETRICH HABS², and ALEXANDER ANDREEV³ — ¹Max-Born-Institut, Max Born Str. 2a, D-12489 Berlin, Germany — ²Max-Planck-Institut, Hofgartenstrasse 8, D-80539 Muenchen, Germany — ³Research Institute for Laser Physics, St. Petersburg, Russia

Laser accelerated ion or proton bunches offer advantages compared to those generated by conventional accelerators, like better emittance and shorter pulse duration.

We present our results on the acceleration of proton/ ion bunches created by ultra-short laser pulses of ultra-thin ($d < \lambda$) foils. To approach this regime, where the target becomes more and more transparent for the laser, we developed a so called double-plasma mirror to increase the intensity contrast of the laser pulse by several orders of

magnitude up to 10^{12} . It will be shown how the features of the proton/ ion bunches depend on the laser pulse parameters, like intensity and contrast of the laser pulse. The results will be discussed on the

base of analytical calculation and PIC simulations.

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

P 6: Hauptvorträge Böhrk, Kirschner

Zeit: Dienstag 11:10–12:10

Raum: HS Biochemie (groß)

Hauptvortrag P 6.1 Di 11:10 HS Biochemie (groß)
Plasmageneratoren für die Simulation von Rückkehrflügen aus dem Weltraum — ●HANNAH BÖHRK — DLR, Insitut für Bauweisen- und Konstruktionsforschung, Stuttgart, Deutschland

Beim Wiedereintritt eines Fahrzeugs in die Atmosphäre eines Himmelskörpers bildet sich auf Grund der hohen Geschwindigkeit vor dem Fahrzeug ein Verdichtungsstoß aus. Über diesen Stoß hinweg wird die kinetische Energie des Fahrzeugs in innere Energie des umgebenden Atmosphäregases umgewandelt und es entsteht ein Plasma, das durch hohe Temperaturen und dissoziierte und teilweise ionisierte Teilchen gekennzeichnet ist.

Um das Hitzeschutzmaterial für diese Rückkehrflüge zu qualifizieren, wobei der Qualifikation bei bemannten Missionen eine noch größere Bedeutung zukommt, muss dieser Plasmazustand auf der Erde nachgebildet werden. Hierzu wurden in den vergangenen 40 Jahren so genannte Plasmawindkanäle entwickelt. Mit ihrer Hilfe können die thermochemischen Lasten, wie sie beim Wiedereintritt zu erwarten sind auf statisch in der Messstrecke stehende Proben aufgebracht werden.

In den unterschiedlichen Abschnitten eines Rückkehrflugs, also bei unterschiedlichen Höhen und Fahrzeuggeschwindigkeiten, stellen sich unterschiedliche Totaldrücke und Enthalpien ein. Daher sind verschiedenen Plasmageneratorotypen erforderlich, die sich im Wesentlichen in ihrer Art der Plasmaerzeugung unterscheiden.

Obwohl Rückkehrflüge aus dem All inzwischen Stand der Technik sind, stellt die kritische und sorgfältige Qualifikation des Hitzeschutzmaterials noch immer eine große Herausforderung dar.

Hauptvortrag P 6.2 Di 11:40 HS Biochemie (groß)
Plasma-Wand Wechselwirkung in Fusionsexperimenten und Schlussfolgerungen für ITER — ●ANDREAS KIRSCHNER — Institut für Energieforschung - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich, Assoziation EURATOM-FZJ, Trilateral Euregio Cluster, 52425 Jülich

In Fusionsexperimenten mit magnetischem Einschluss kommt es unvermeidbar zum Kontakt des Plasmas mit Wandelementen und damit zu deren Abtragung durch Erosion. Erodierete Teilchen werden im Plasma transportiert und können auf der Wand wiederabgelagert werden. Die Bilanz zwischen Erosion und lokaler Wiederablagerung kann zu einer Netto-Erosion und damit zu einer Einschränkung der Lebensdauer von Wandelementen führen. Auf anderen Flächen überwiegt die Ablagerung, wodurch sich Schichten bilden, in denen Wasserstoff bzw. radioaktives Tritium eingelagert wird, was aus Sicherheitsgründen limitiert werden muss. Netto-Erosion von Wandmaterialien und Brennstoffeinlagerung werden letztlich die Verfügbarkeit zukünftiger Fusionsexperimente, so auch ITER, bestimmen.

Dieser Beitrag fasst Beobachtungen und Verständnis zur Plasma-Wand Wechselwirkung in den Fusionsexperimenten TEXTOR, JET und AUG zusammen. TEXTOR ermöglicht grundlegende Experimente zur Erosion und Redeposition an speziellen Testobjekten. Die Experimente AUG und JET liefern Erkenntnisse zur Erosion und Redeposition in einer ITER-ähnlichen Geometrie, AUG mit Wolfram als Wandmaterial. Auf Grundlage der experimentellen Befunde kombiniert mit Modellierungen werden Abschätzungen zur Lebensdauer von Wandelementen sowie zur Tritiumrückhaltung in ITER präsentiert.

P 7: Theorie/Modellierung I

Zeit: Dienstag 13:15–17:05

Raum: HS Biochemie (groß)

P 7.1 Di 13:15 HS Biochemie (groß)
Electron and ion acceleration in laser-illuminated droplets — ●TATIANA LISEYKINA^{1,2} and DIETER BAUER¹ — ¹Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg, Germany — ²Institute of Computational Technologies SD RAS, Novosibirsk, Russia

The results of electromagnetic 3D relativistic PIC simulations of the interaction of high intensity femtosecond laser pulses with He droplets are presented. Droplets combine laser absorption features of clusters with those known from laser-solid interaction. Like clusters, droplets display finite-size and geometry effects. However, droplets sustain higher peak field strengths without rapid disintegration. Moreover, as the droplet diameter approaches or even exceeds the skin depth, pulse propagation effects can no longer be neglected. As a consequence new effects are observed, such as simultaneous s and p polarization-like interaction at the droplet surface and energetic and bunched electron jets of peculiar angular distributions.

P 7.2 Di 13:30 HS Biochemie (groß)
Theorie der Thomsonstreuung in warmer und dichter Materie — ●ROBERT THIELE, CARSTEN FORTMANN, THOMAS BORNATH, RONALD REDMER, HEIDI REINHOLZ, GERD RÖPKE, VOLKER SCHWARZ und AUGUST WIERLING — Insitutit für Physik, Universität Rostock, 18051 Rostock, Deutschland

Kollektive Thomsonstreuung mit kurzweiliger Röntgen- oder VUV-Strahlung ist eine präzise Methode zur Bestimmung der freien Elektronendichte in dichten Plasmen. Dafür notwendig ist die Untersuchung der Plasmonen-Position im Streusignal. Die Elektronen-Temperatur kann über das Verhältnis der Maxima im Elektronensignal ermittelt werden. Wir stellen einen konsistenten Zugang zur Berechnung des Streusignals jenseits des RPA auf Basis der Born-Mermin-Näherung vor, wodurch kollektive Effekte wie dynamische Abschirmung und Stöße berücksichtigt werden. Die theoretische Dichtebestimmung wird mit der bekannten Dispersionsrelation von Gross-Bohm verglichen und

eine Verbesserung, welche über den klassischen Fall hinausgeht, vorgeschlagen.

P 7.3 Di 13:45 HS Biochemie (groß)
Modellierung von Strahlungstransportphänomenen in zylindrischen Volumen endlicher Dimension — ●SERGEY GORCHAKOV¹, YURI GOLUBOVSKI², DETLEF LOFFHAGEN¹, ALEXANDER TIMOFEEV² und DIRK UHRLANDT¹ — ¹INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald, Germany — ²St. Petersburg State University, Ulyanovskaya 1, 198504 St. Petersburg, Russia

Strahlungstransportphänomene beeinflussen sowohl mikroskopische (Besetzungsdichten der angeregten Spezies) als auch makroskopische (Strahlungsleistung und Lichtausbeute der Plasmaquellen) Eigenschaften der Gasentladungen. Die theoretische Beschreibung des Strahlungstransportes in Niedertemperaturplasmen basiert auf der Lösung der Integrodifferentialgleichung von Holstein und Biberman. Aufgrund der Komplexität und starken Nichtlinearität der Gleichung existieren numerische Lösungsverfahren nur für Grenzfälle unter der Annahme einer unendlichen Ausdehnung des Plasmas in einer Dimension, wie z.B. planparallele Anordnung oder Zylinder unendlicher Länge. Der Beitrag gibt ein Überblick über Methoden zur Beschreibung des Strahlungstransports in zweidimensionaler Geometrie mit endlicher Dimension. Mit Hilfe dieser Methoden werden die Unterschiede zwischen Teilchen- und Strahlungstransport demonstriert. Die Untersuchungen erfolgten für typische Formen der Anregungsquellen in Niedertemperaturplasmen, wie kontrahierte Anregung im Zentrum der Entladung oder Anregung an der Peripherie (Skin-Effekt). Ergebnisse der raum-zeitlichen Entwicklung der Dichten der angeregten Atome werden diskutiert.

P 7.4 Di 14:00 HS Biochemie (groß)
Das Ion-Feature in der Röntgen-Thomson-Streuung in dichten, partiell ionisierten Mehrkomponentenplasmen — ●THOMAS BORNATH, CARSTEN FORTMANN, BASTIAN HOLST, WOLF-

DIETRICH KRAEFT, RONALD REDMER, VOLKER SCHWARZ und ROBERT THIELE — Institut für Physik, Universität Rostock

In der theoretischen Beschreibung der Thomson-Streuung energetischer Photonen in warmer dichter Materie spielt der dynamische Strukturfaktor der Elektronen eine zentrale Rolle. Die Beiträge der Elektronen zum Streusignal sowohl im nichtkollektiven Regime (Compton-Streuung) als auch kollektiven Regime (Plasmonen) [1] sind gut verstanden. Sowohl Dichte als auch Temperatur des Plasmas konnten mit hoher Genauigkeit bestimmt werden.

Die Thomson-Streuexperimente an warmer dichter Materie ermöglichen es aber auch, verschiedene theoretische Modelle für den ionischen Beitrag zum Thomson-Streusignal zu überprüfen. Auf der Grundlage der Chihara-Formel [2] wurden insbesondere für den statischen Ion-Ion-Strukturfaktor bisher stark unterschiedliche theoretische Ergebnisse kontrovers diskutiert. Wir stellen einen quantenstatistischen Zugang vor und diskutieren die Anwendbarkeit der Chihara-Formel. Zur Berechnung des statischen Ion-Ion-Strukturfaktors werden zwei komplementäre Methoden benutzt: einerseits HNC-Rechnungen mit effektiven Quantenpotenzialen und andererseits Quanten-Molekular-dynamik-Rechnungen.

[1] S. H. Glenzer et al., Physics Review Letters 98, 065002 (2007).

[2] J. Chihara, J. Phys.: Condens. Matter 12, 231 (2000).

P 7.5 Di 14:15 HS Biochemie (groß)

Opacity effects in magnetic fusion plasmas — ●JOËL ROSATO^{1,2}, DETLEV REITER¹, and VLADISLAV KOTOV¹ — ¹IEF - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, TEC Euratom Association, D-52425 Jülich, Germany — ²PIIM, UMR 6633 Université de Provence / CNRS, Centre de St-Jérôme, F-13397 Marseille Cedex 20, France

In about 10 years from now magnetic fusion will provide the first controlled thermonuclear burning flame on earth (in the ITER tokamak). It has only recently been fully recognized that hydrogen line radiation absorption effects are important in magnetic fusion experiments, at least at the densest/largest plasma conditions, e.g. in Alcator C-Mod (where Ne currently attains 1015 cm⁻³) or in ITER [1]. As a consequence, the corresponding photoexcitation may significantly affect the ionization-recombination balance of the edge plasma. The significant impact of radiation trapping on divertor plasma dynamics for ITER has clearly been demonstrated by both simple mean free path estimates and by non-LTE-Monte-Carlo calculations of the gas- and photon transport carried out with the B2-EIRENE code. Quantitative design predictions as well as interpretation of future spectroscopy in the ITER divertor will only be possible with proper accounting for the opacity effects. In this presentation, we provide the current status of the line radiation transport modeling with B2-EIRENE, including spectral line shape (Stark-Zeeman-Doppler) and ionization-recombination balance calculations.

[1] "Progress in the ITER Physics Basis", Nucl. Fusion 47 (special issue, 2007).

P 7.6 Di 14:30 HS Biochemie (groß)

Microturbulence in Astrophysical and Fusion Plasmas — ●MORITZ J. PUESCHEL¹, THILO HAUFF¹, FRANK JENKO¹, and HARALD LESCH² — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, D-85748 Garching, Germany — ²University Observatory Munich, D-81679 Munich, Germany

Anomalous (turbulent) transport is the dominant heat transfer causing process in fusion core plasmas. Here, (gyro-)kinetic simulations have yielded good descriptions of multiple features of turbulence. This framework can be applied to astrophysical scales, as well, with no or few modifications. In this work, we employ the gyrokinetic electromagnetic code GENE to calculate turbulent heat fluxes due to plasma microturbulence. These results are then applied to the cooling flow problem where magnetic fields are believed to impair heat exchange between regions of different temperature; microturbulent transport in these systems can exceed conductive values significantly. On the base of gyrokinetic fusion plasma investigations, conclusions are drawn concerning different parameter regimes. In a separate investigation, the behavior and effects of energetic particles in turbulent electromagnetic fields are studied, applying fusion plasma knowledge to the interaction of cosmic particles with the solar wind. The movement of solar and cosmic particles through the solar system is not yet fully understood, and turbulent interactions might play an important role in cross-field transport.

P 7.7 Di 14:45 HS Biochemie (groß)

3D Monte Carlo simulations of edge transport in RMP

scenarios at DIII-D — ●HEINKE FRERICHS¹, OLIVER SCHMITZ², TODD EVANS³, YUEHE FENG⁴, and DETLEV REITER² — ¹German Research School for Simulation Sciences, Jülich — ²Institut für Energieforschung - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich — ³General Atomics, San Diego, California, USA — ⁴Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Greifswald

Resonant magnetic perturbations (RMPs) are a candidate for ELM control in ITER. Modeling of the perturbed magnetic field structure during RMP application in the vacuum approach suggests that an open chaotic system in the plasma edge layer is induced, leading to a complex 3D magnetic field structure.

To investigate the resulting impact on plasma and neutral gas transport, the 3D edge transport code EMC3-EIRENE has been extended to poloidal divertor geometry. This code extension allows for the first time numerical transport analysis of ELM control experiments at DIII-D in a self consistent fluid treatment of particle, parallel momentum and energy transport, as well as kinetic recycling neutrals.

A significant 3D modulation of electron density n_e and temperature T_e is predicted, reflecting the underlying perturbed magnetic topology. The analysis of striation pattern in particle and heat target loads can give - in comparisons to experimental observations - an upper limit for anomalous cross-field transport. Advancements of the cross-field transport model for simulations of H-mode plasmas will be discussed, as well as an ad hoc kinetic correction for parallel electron heat flux.

P 7.8 Di 15:00 HS Biochemie (groß)

Reynolds stress drive of zonal flows — ●NIELS GUERTLER and KLAUS HALLATSCHKE — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, D-85748 Garching b. M.

Numerical self-consistent ITG-turbulence studies show a Reynolds stress driven zonal flow pattern with a robust radial scale length, different from the one with maximal initial growth rate. Modified states with different initial flow profiles always decay into the self-consistent zonal flow pattern. Wavekinetic theories quantitatively reproduce the stresses based on the observed flows in the simulations albeit fail to predict the self-consistent flow pattern itself. We use synthetic flows to validate and parameterize the analytic nonlinear relationship between stresses on one side and flows and turbulence level on the other. The objective of the fine-tuned nonlinear stress-flow response functional is to predict the time development and long term behavior of zonal flows including the experimentally observed turbulence bifurcations, with obvious implications for tokamak optimization.

P 7.9 Di 15:15 HS Biochemie (groß)

Radial propagation of geodesic acoustic modes — ●ROBERT HAGER and KLAUS HALLATSCHKE — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Garching, Deutschland

The GAM group velocity is estimated from the radial free energy flux and the total free energy applying gyrokinetic and two-fluid theory. This method is much more robust than analytical approaches and can be generalized to include additional physics, e.g. magnetic geometry. The results have been verified with the gyrokinetic code GYRO, the two-fluid code NLET, and analytical calculations. GAMs travel either radially inward or outward depending on the ratio of ion to electron temperature and their gradients. Generally, GAMs propagate much slower than the turbulent motion. Thus, it is unlikely that GAMs are triggered far from the point of their detection, which is crucial to bear in mind concerning the windows of GAM activity observed experimentally and the difference between linear and experimental GAM frequencies. Resonances with the drift velocity restrict GAMs to low radial wave numbers $k \sim \rho_i$, which causes Landau damping and the mentioned low propagation velocity. Fast GAMs could arise in the absence of resonances or if the GAM energy is nonlinearly advected by turbulence.

20 min. break

P 7.10 Di 15:50 HS Biochemie (groß)

Warum die LMEA anstelle der LFA Verwendung finden sollte — ●GORDON K. GRUBERT, MARKUS M. BECKER und DETLEV LOFFHAGEN — INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald, Germany

Für eine adäquate theoretische Beschreibung von Entladungsplasmen ist es erforderlich, das Elektronensubsystem hinreichend gut zu charakterisieren, da dieses maßgeblich die Eigenschaften der gesamten Entladung bestimmt. Aufgrund des hohen numerischen Aufwands wer-

den oft hydrodynamische Zugänge gewählt, bei denen die Ratenkoeffizienten der Elektronenstoßprozesse sowie die Transportgrößen der Elektronen approximiert werden. Hierfür wird häufig die Lokale-Feld-Näherung (LFA) verwendet, bei der die stationäre, räumlich homogene Boltzmann-Gleichung der Elektronen in Abhängigkeit von der reduzierten elektrischen Feldstärke gelöst wird, um die elektronischen Größen zu bestimmen. Alternativ dazu findet die Lokale-Mittlere-Energie-Näherung (LMEA) breite Anwendung, bei der man im hydrodynamischen Zugang zusätzlich die Energiebilanz der Elektronen löst. Die elektronischen Größen werden hier als Funktion der mittleren Energie der Elektronen aus der zuvor genannten Lösung der kinetischen Gleichung ermittelt. Dieser Beitrag zeigt auf der Basis elektronenkinetischer Betrachtungen, wie sich die beiden Näherungen insbesondere auf die Beweglichkeit und den Diffusionskoeffizienten der Elektronen auswirken. Zudem wird am Beispiel einer hydrodynamischen Beschreibung von RF-Entladungen in Argon und Sauerstoff der Vorzug der LMEA gegenüber der LFA demonstriert.

P 7.11 Di 16:05 HS Biochemie (groß)

Modellierung einer Argonhochdruckglimmentladung mittels FEM — ●MARKUS M. BECKER und DETLEF LOFFHAGEN — INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald, Germany

Zur Beschreibung des raum- und zeitabhängigen Verhaltens von Argonentladungen wurde ein Fluid-Poisson-Modell adaptiert, das die Teilchenbilanzgleichungen für Elektronen, Ar^+ und Ar_2^+ -Ionen sowie 12 Neutralgaszustände des atomaren und molekularen Argons, die Elektronenenergiebilanzgleichung und die Poisson-Gleichung für das elektrische Potenzial umfasst. Die Teilchen- und Energieströme werden dabei mit Hilfe der Drift-Diffusionsnäherung approximiert und die Transport- und Ratenkoeffizienten der Elektronen werden in Abhängigkeit von der mittleren Elektronenenergie bestimmt. Das numerische Lösen des gekoppelten Gleichungssystems erfolgt für ein räumlich eindimensionales Plasma unter Hinzunahme geeigneter Anfangs- und Randbedingungen mittels einer stabilisierten Finite-Elemente-Methode (FEM), die sich sowohl für die Modellierung von Glimmentladungen im Niederdruck- als auch im Hochdruckbereich als geeignet erwiesen hat. Im Rahmen dieses Beitrags wird die Stabilisierungstechnik erläutert und das Zündverhalten einer Hochdruckglimmentladung in Argon zwischen ebenen Elektroden diskutiert.

P 7.12 Di 16:20 HS Biochemie (groß)

Fluid modeling of the constriction of the dc column plasma in argon — ●MYKHAYLO GNYBIDA, DETLEF LOFFHAGEN, and DIRK UHRLANDT — INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald, Germany

The glow-to-arc transition of the positive column of a dc discharge in argon in the course of the constriction has been investigated on basis of a self-consistent fluid model. The model consists of the coupled solution of the time-dependent balance equations for the charge carrier and excited species densities, the mean electron energy and the gas temperature in the plasma, and a current balance determining the axial electric field. Assuming an axially and azimuthally homogeneous plasma in cylindrical geometry, the radial structure is taken into account and Poisson's equation for the space-charge potential is solved in addition. The electron transport and rate coefficients are adapted as functions of the electron mean energy, the gas temperature and the ionization degree and they have been determined from solving the

steady-state, spatially homogeneous electron Boltzmann equation including electron-electron collisions. Investigations have been performed for currents from 0.6 to 70 mA and pressures from 100 to 500 Torr. The predicted voltage-current characteristics and electron density profiles are used to identify the transition from glow to constricted mode of the argon discharge. Good agreement with experimental data and results of other models has been obtained.

P 7.13 Di 16:35 HS Biochemie (groß)

Properties of electrode-arc interface models for vacuum-breakers — ●OLIVER FRITZ¹, KAI HENCKEN¹, THIERRY DELACHAUX¹, and DMITRY L. SHMELEV² — ¹ABB Switzerland Ltd, Corporate Research, CH-5405 Baden-Dättwil, Switzerland — ²Institute of Electrophysics, Russian Academy of Science, RUS-620016 Ekaterimburg, Russia

The authors present structural properties and numerical results of their model for the arc-electrode interfaces in high-current vacuum-breaker configurations. The model treats electromagnetic quantities, particle, and energy flows in a self-consistent way. It assumes the existence of an extended area on each of the two electrodes, from which the necessary electrical current, electrons and atoms for sustaining the plasma arc are injected.

Ranges of validity, sensitivity to material property parameters, and representative numerical results derived from the model are discussed and compared with experimentally observed phenomena. The authors highlight the particular usefulness of the model for predicting the arc motion under the influence of a transversal magnetic field. In addition, the spatial and temporal heat distribution and estimates on material losses in the electrode system are shown.

P 7.14 Di 16:50 HS Biochemie (groß)

Hybridmodellierung einer He-Xe-Niederdrucklampenentladung — ●DETLEF LOFFHAGEN — INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald

Das zeit- und ortabhängige Verhalten des Säulenplasmas einer mit Wechselstrom betriebenen Glimmentladung in einem Gemisch aus 98% Helium und 2% Xenon wird mittels Hybrid-Modellierung analysiert. Die theoretische Beschreibung des zylindrischen, axial homogenen Plasmas basiert auf der gekoppelten Lösung von hydrodynamischen Gleichungen für die Ladungsträger und Neutralgaskomponenten, Gleichungen für den externen elektrischen Schaltkreis zur Bestimmung des axialen elektrischen Feldes, der Poissongleichung für das radiale Raumladungsfeld und der zeitabhängigen, radial inhomogenen Elektronen-Boltzmanngleichung zur Bestimmung der Transport- und Ratenkoeffizienten der Elektronen. Ergebnisse des periodischen Verhaltens des Plasmas in einem Entladungsrohr mit einem Durchmesser von 18 mm bei einem Gasdruck von 2.5 Torr werden diskutiert. Die Teilchen- und Stromdichten der verschiedenen Komponenten des Plasmas, die Feldstärkekomponenten und die Energieverteilung der Elektronen weisen ausgeprägte strukturelle Änderungen auf. Insbesondere wechselt die Energiestromdichte der Elektronen zwischen einem rein nach außen und einem teilweise einwärts und auswärts gerichteten Strom während der periodischen Entwicklung. Der Vergleich mit experimentellen Daten von Strom und Spannung sowie von angeregten Zuständen des Xenons zeigt gute Übereinstimmung zwischen den berechneten und gemessenen Ergebnissen.

P 8: Niedertemperaturplasmen

Zeit: Dienstag 13:30–17:20

Raum: INP-Staffelgeschoß

P 8.1 Di 13:30 INP-Staffelgeschoß

Experimental investigations of the Electrical Asymmetry Effect — ●JULIAN SCHULZE¹, EDMUND SCHÜNGEL¹, ZOLTAN DONKO², DIRK LUGGENHÖLSCHER¹, and UWE CZARNETZKI¹ — ¹Institute for Plasma and Atomic Physics, Ruhr-University Bochum — ²Hungarian Academy of Science, Budapest, Hungary

In 2008 a method to generate a variable DC self bias even in geometrically symmetric capacitively coupled radio frequency (CCRF) discharges was proposed based on an analytical model and a fluid simulation. If the discharge is operated at a fundamental frequency and its second harmonic, it was predicted that the resulting DC self bias can be adjusted by the phase angle between the applied voltage harmonics.

A PIC simulation showed that this Electrical Asymmetry Effect (EAE) allows separate control of the energy and flux of ions at the electrode surfaces. In this work the EAE and the related separate control of ion energy and flux are tested experimentally. A geometrically symmetric CCRF discharge operated at 13.56 MHz and 27.12 MHz with variable phase angle between the harmonics is operated in argon at different pressures. The DC self bias, the energy as well as the flux of ions at the grounded electrode surface, and the space and phase resolved optical emission are measured. The results show that a DC self bias is generated as an almost linear function of the phase angle. This variable DC self bias indeed allows separate control of ion energy and flux in an almost ideal way under various discharge conditions. This work is funded by the DFG through GRK 1051.

P 8.2 Di 13:45 INP-Staffelgeschoß

Transport von Barium in Fluoreszenzlampen — ●FLORIAN SIGENEGER¹, KRISTIAN RACKOW¹, DIRK UHRLANDT¹, JÖRG EHLBECK¹ und GERD LIEDER² — ¹INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, Greifswald — ²RLS-M, Osram GmbH, Hellabrunner Str. 1, München

Experimentelle und theoretische Untersuchungen zum Transport von Bariumatomen und -ionen in der Kathodenregion von Fluoreszenzlampen im Betrieb bei 25 kHz werden vorgestellt. Die Dichte der Bariumatome und -ionen wurde mittels laserinduzierter Fluoreszenz bei verschiedenen Abständen vom Zentrum des Spots zeitaufgelöst gemessen. Weiterhin wurde die Kathodenfallspannung zeitaufgelöst durch eine verbesserte Bandmethode bestimmt.

Das theoretische Modell umfasst die Lösung der zeitabhängigen Teilchenbilanzgleichungen von Bariumatomen und -ionen, die die Ionisation von Barium als Gewinn- und Verlustterme enthalten. Der Ratenkoeffizient der Ionisation von Barium und die Elektronendichte werden durch Lösung der raumaufgelösten Elektronen-Boltzmann-Gleichung in sphärischer Geometrie unter Verwendung der gemessenen Kathodenfallspannung sowie Entladungsstromstärke gewonnen. Zwischen dem gemessenen und berechneten zeitlichen Verlauf der Dichte der Bariumatome wurde eine gute Übereinstimmung gefunden. Die Ergebnisse illustrieren die empfindliche Abhängigkeit der Bariumdichteprofile von der Ionisation, die zu einer deutlichen Absenkung der Bariumdichte in der Kathodenphase führt. Das Modell liefert den Bariumfluss von der Kathode, der die Lebensdauer der Lampe begrenzt.

Die Arbeit wurde unterstützt von RLS-M, OSRAM GmbH, München.

P 8.3 Di 14:00 INP-Staffelgeschoß

Investigation on T-waves in the low pressure dc positive column in oxygen — ●DIRK PASEDAG, MARC BOGACZYK, HOLGER TESTRICH, and HANS-ERICH WAGNER — Institut für Physik, E.-M.-Arndt-Universität Greifswald

Plasmas of electronegative molecular gases are known to be susceptible to the development of instabilities which lead to the excitation of standing and moving striations. In the positive column of the dc O₂-glow discharge two regimes exist, one with a low axial electric field strength of about 5 V/cm, the so called T-mode, and the H-mode with more than 10 V/cm. The investigations are focused on the anode directed waves in the T-mode and the dynamic behavior of the H- and T-mode. The determination of phase velocity and wavelength was done by probe head measurements on a plasma tube with variable electrode distances from 40 cm to 120 cm, pressures from 0.5 Torr to 1 Torr and discharge currents up to 60 mA. Also different cathode configurations were used.

Supported by SFB-TR 24, project B1.

P 8.4 Di 14:15 INP-Staffelgeschoß

Sheath dynamics in capacitively coupled RF plasmas — ●KRISTIAN DITTMANN¹, KONSTANTIN MATYASH², RALF SCHNEIDER², and JÜRGEN MEICHSNER¹ — ¹University of Greifswald, Institute of Physics, Greifswald, Germany — ²Max-Planck-Institute for Plasma Physics, EURATOM Association, Greifswald, Germany

The RF sheath dynamics in asymmetric capacitively coupled RF plasmas in oxygen, hydrogen and argon is investigated by means of PROES (Phase Resolved Optical Emission Spectroscopy) and simulated with Particle in Cell code with Monte-Carlo collisions (PIC MCC).

Comparing the experimental and simulations results, it was shown that depending on the plasma processing parameters the observed excitation patterns in the sheath have their origin in the electron heating during the sheath expansion phase, energetic electrons in the sheath collapse phase, secondary electrons emitted from the powered electrode, electric field reversal during sheath collapse and electronic excitation due to heavy particle collisions at the powered electrode.

In oxygen RF plasmas an excitation pattern was found which gives an indication for electric field reversal similar to that in hydrogen plasmas. It appears slightly earlier within the RF cycle and its maximum is located not directly at the powered electrode compared to hydrogen case. The detailed analysis of this phenomenon with PIC-MCC simulations revealed, that the electric field reversal in oxygen RF plasmas is determined by the interaction of the electron flow toward the wall during the sheath collapse phase with the negative ions peak at the sheath entrance. Supported by SFB-Transregio 24.

P 8.5 Di 14:30 INP-Staffelgeschoß

Einfluß von Metallhalogeniden auf das Elektrodenverhalten in Hochdrucklampen — ●MICHAEL SCHMIDT, MANFRED KETTLITZ

und HARTMUT SCHNEIDENBACH — INP-Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald

Die Lebensdauer von Hochdruckentladungslampen ist stark durch die thermische Belastung ihrer Elektroden bestimmt. Die Kathodentemperatur wird durch die Austrittsarbeit determiniert, welche u.a. durch Emitterpasten oder Thoriumdotierung gesenkt werden kann. Auch eine Bedeckung der Elektrode mit einer Monoschicht aus der Gasphase senkt die Austrittsarbeit. Die Existenz einer solchen Schicht wurde durch Messung der Elektrodentemperatur mit optischer Emissionsspektroskopie bei 800 nm und anschließende Berechnung der Austrittsarbeit nachgewiesen. Dazu wurde ein vorliegendes Modell der Randschicht zwischen Kathode und Säulenplasma benutzt. Mittels optischer Absorptionsspektroskopie wurde gezeigt, dass der Einfluß der Absorption der Elektrodenstrahlung durch das Plasma im Meßbereich vernachlässigt werden kann. Die Umschließung der Elektroden mit dem Plasma des Lichtbogens wurde mit einer Kamera beobachtet. Untersucht wurden Quarzlampen (COST 529), betrieben mit Rechteckspannung bei einer Frequenz von 120 Hz und Strömen zwischen 0,5 A und 1,2 A. Die Füllungen bestanden aus Hg mit Zusätzen von NaI, TlI und DyI₃ sowie Ar als Zündgas. Die verschiedenen Elektrodentemperaturen und Austrittsarbeiten werden in Abhängigkeit von der Füllung diskutiert.

P 8.6 Di 14:45 INP-Staffelgeschoß

Erzeugung von Kupfer-Polypyrrol-Kompositschichten durch simultanen PVD/PECVD-Prozess — ●CHRISTIAN WALTER und VOLKER BRÜSER — INP Greifswald e.V. - Germany

Nanokompositschichten aus Metallen und Polymeren haben vielfältige Eigenschaften wie beispielsweise antibakterielle Wirkung, Supraleitfähigkeit, Schutzwirkung gegen atomaren Sauerstoff sowie katalytische Aktivität und sind deshalb von sehr großem technologischen Interesse[1]. Polypyrrol-Metall-Kompositschichten sind dabei besonders interessant, da Polypyrrol durch Dotierungen mit z.B. PF₆ eine Leitfähigkeit von bis zu 1000 Scm⁻¹ erreicht und an Luft sehr beständig ist[2]. Solche Polypyrrol-Schichten können mittels PECVD-Prozessen erzeugt werden[3]. Durch eine Kombination dieses Verfahrens mit einer Magnetron-Sputterquelle wird es möglich, Metalle (hier Kupfer) in die Polymerschicht einzubringen. Auf diese Weise können verschiedenste Komposite erzeugt werden. Das Spektrum reicht hierbei je nach Leistung der Plasmaquellen von im Polymer eingebetteten Kupferpartikeln bis zu einer Größe von 50nm, über Kupfer(I)oxid Nanopartikel (Größe ca. 2nm) bis hin zu an das Polymer gebundenen Kupferatomen. Der Metallanteil variiert dabei von 3-30%. Gezeigt werden sowohl XPS, XRD, Cyclovoltammetrie und IR-Messungen als auch REM und AFM-Bilder.

[1] A. Malinauskas *et al.*; Nanotechnology **16** (2005) R51*R62

[2] A.B. Kaiser; Reports on Progress in Physics **64** (2001) 1-49

[3] G.J.Cruz *et al.*; Thin solid films **342** (1999) 119-126

P 8.7 Di 15:00 INP-Staffelgeschoß

Vorstellung eines neu entwickelten VHF - CCP - Reaktors zur Anwendung im biomedizinischen Bereich — ●KATHARINA STAPELMANN und PETER AWAKOWICZ — Ruhr - Universität Bochum, Universitätsstraße 150, 44780 Bochum

Plasmasterilisation stellt eine vielversprechende Alternative zu den derzeit üblichen Sterilisationsmethoden dar. Kurze Sterilisationszeiten können bei geringen Prozess - Temperaturen erreicht werden, ohne auf den Gebrauch von toxischen und zum Teil materialschädigenden Desinfektionsverfahren angewiesen zu sein. Die Wirksamkeit der Plasmasterilisation in Labor - Reaktoren wurde in mehreren Veröffentlichungen bereits gezeigt. Ein wesentlicher Vorteil der Plasmasterilisation besteht darin, dass sowohl Bakterien inaktiviert, wie auch Proteine und Prionen entfernt werden können. Vorgestellt wird ein neues Konzept für die Plasmasterilisation, ausgeführt als kapazitiv gekoppelte Entladung im Frequenzbereich von 76 - 80 MHz. Die Leistungseinkopplung erfolgt über einen neuartigen Generator. Bei diesem Konzept bilden Plasmainpedanz und Generator einen Schwingkreis. Die Nennfrequenz dieses Oszillators entspricht der Resonanzfrequenz des Schwingkreises, so dass die Leistungsanpassung durch Variation der Frequenz erfolgt. Ein neuer Weg wird beim Design - Konzept der Entladungskammer beschritten, indem als Entladungskammer eine Schublade aus Kunststoff (PEEK) Verwendung findet. Präsentiert werden der Aufbau und erste Untersuchungen zur Charakterisierung des Reaktors. Weiterhin wird ein Ausblick auf mikrobiologische Untersuchungen gegeben.

P 8.8 Di 15:15 INP-Staffelgeschoß

Barrierebeschichtung und Sterilisation von PET-Flaschen

mit mikrowellenangeregten Niederdruckplasmen — ●SIMON STEVES, MICHAEL DEILMANN, NIKITA BIBINOV und PETER AWAKOWICZ — Lehrstuhl für Allgemeine Elektrotechnik und Plasmatechnik, Ruhr-Universität Bochum

Die Anforderungen an moderne Verpackungsmaterialien steigen im Hinblick auf die Entwicklung geeigneter Permeationsbarrieren und Verfahren zur materialschonenden Sterilisation. Am Lehrstuhl für Allgemeine Elektrotechnik und Plasmatechnik der Ruhr-Universität Bochum wird ein mikrowellenangeregtes Niederdruckplasma zur Barrierebeschichtung und Plasmasterilisation von PET-Flaschen entwickelt.

Mit dieser Art der Plasmabehandlung besteht die Möglichkeit, thermolabile Materialien ohne den Einsatz toxischer Substanzen, wie Wasserstoffperoxid oder Peressigsäure, zu sterilisieren. Bei der Plasmasterilisation werden im Gegensatz dazu Argonplasmen mit Beimischungen von Stickstoff, Sauerstoff oder Wasserstoff verwendet. Die vom Plasma emittierte Strahlung zwischen 160 und 300 nm erweist sich als besonders effizient für die Sterilisation.

Zur Barrierebeschichtung werden Siliziumoxidschichten (SiO_x) mit Hilfe eines gepulsten Hexamethyldisiloxan:Sauerstoff-Plasmas auf PET abgeschieden, die zu einer Barriereverbesserung um mehr als das 65fache im Hinblick auf die Sauerstoffpermeation führen. Mit optimierter Schichtzusammensetzung wird die Sauerstoffpermeation für 60 nm dicke SiO_x - Schichten auf PET-Folien auf einen Restpermeationsfluss von $J = 1.0 \pm 0.3 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-2} \text{ Tag}^{-1} \text{ bar}^{-1}$ reduziert.

20 min. break

P 8.9 Di 15:50 INP-Staffelgeschoß

Dielektrisch behinderte Entladungen - Optische Untersuchungen des Entladeverhaltens — ●CHRISTIAN HOCK, ANDREAS SCHÖNLEIN, BATU KLUMP, BENJAMIN KOUBECK, MARCUS IBERLER und JOACHIM JACOBY — Johann Wolfgang von Goethe Universität, Institut für Angewandte Physik, Max von Laue Strasse 1, 60438 Frankfurt a.M.

Als Dielektrisch behinderte Entladung (DBE) werden Gasentladungen bezeichnet, bei der die Elektroden durch mindestens eine isolierende Schicht (Dielektrika) begrenzt werden. Dabei handelt es sich um nicht Gleichgewichtsentladungen mit einer Dauer von wenigen Nanosekunden. Die Barrierentladung erfolgt zu meist in einer Vielzahl an Einzelentladungen, sogenannte Filamente, man spricht hierbei von einer inhomogenen Entladung. Unter gewissen Umständen kann mit der Entladung jedoch eine homogene Zündung des Plasmas erreicht werden. In dieser Arbeit soll anhand optischer Untersuchungen das Entladungsverhalten des Plasmas unter Berücksichtigung verschiedener Parameter wie z.B. der Pulsform (Sinus, Rechteckspannung), Pulsdauer und Amplitude, als auch Geometrie und Gasdruck betrachtet werden.

P 8.10 Di 16:05 INP-Staffelgeschoß

Orts- und zeitaufgelöste Messung von Oberflächenladungen in einer dielektrischen Barrierentladung — ●LARS STOLLENWERK — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart

Es wird ein Gasentladungssystem mit dielektrischer Barriere untersucht, das aus einem schmalen, mit Helium gefüllten Entladungsspalt zwischen großflächigen Elektroden besteht. Obwohl die Entladung im Glimmodus betrieben wird, bildet sie aufgrund des großen Aspektverhältnisses eine lateral strukturierte Stromdichteverteilung aus. Für die Stabilisierung der entstehenden Muster spielen Oberflächenladungen, die sich nach jedem Durchbruch auf den dielektrischen Schichten bilden, eine wichtige Rolle. Um diese Ladungsdichteverteilung ortsaufgelöst messen zu können, wird als dielektrische Barriere ein BSO-Kristall verwendet. Über den Pockels-Effekt wird die Polarisation eines einfallenden Lichtstrahls moduliert und ermöglicht so die Beobachtung der Oberflächenladungsverteilung in der laufenden Entladung. Die gegenüber früheren Arbeiten deutlich erhöhte Zeitauflösung ermöglicht es, auch laufende Strukturen in der Entladung beobachten zu können.

P 8.11 Di 16:20 INP-Staffelgeschoß

Dynamics of Cathode Spot Plasma Parameters in Spark and Arc Stages of Vacuum Discharge — ●RALF METHLING¹, DIRK UHRLANDT¹, ALEXANDER BATRAKOV², SERGEY POPOV², ELENA PRYADKO², and KLAUS-DIETER WELTMANN¹ — ¹INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, D-17489 Greifswald — ²Institute of High-Current Electronics SB RAS, Tomsk, Russia

Modern notations do not foresee principle differences in cathode spot mechanisms in the breakdown stage as compared with steady burning

arc. The cathode spots generate similar craters regardless of discharge burning time under the condition of cold cathode. The spot plasma has rather stable parameters while gradual changes in the plasma parameters can convincingly be explained in terms of cathode heating effects. However, invariability of spot mechanisms is not the feature of initial period of spot burning since the moment of gap breakdown.

Recently, we observed a surprising behaviour of cathode spot plasma characteristics within the first microsecond of discharge burning. Though ion energies per charge ratios are the same for all charge states at the long-burning arc discharge, there is a dependency of the ratios on charge states in the starting phase. The similar transition is seen in spot light radiation using high-speed time resolved spectroscopy. Higher ion charge state lines start to emit first, being followed by lower charge state lines. Finally, atomic lines appeared after the delay as long as half microsecond. The latter fact correlates with exactly the same delay of resonant absorption by spot plasma at atomic lines.

P 8.12 Di 16:35 INP-Staffelgeschoß

Design of arbitrary bias waveforms for tailored ion bombardment during plasma processing — ●TIM BALONIAK, RÜDIGER REUTER, and ACHIM VON KEUDELL — AG Reaktive Plasmen, Ruhr-Universität Bochum, Deutschland

Substrate biasing is an established technique to control and adjust material properties during thin film deposition from a plasma. The energy distribution function of the ions impinging onto the substrate (IEDF) is manipulated by the external bias voltage. Optimal ion bombardment can significantly improve film properties like hardness, adhesion, crystallinity, or wear resistance. In our contribution, we report about the quantitative measurement of ion energy distribution functions on arbitrarily biased substrates. The measurements are performed in a magnetically enhanced, capacitively coupled argon discharge, which is heated by 13.56 and/or 71 MHz. An aluminum target is mounted on the powered electrode. The substrates are placed on an arbitrarily biased electrode driven by RF waveforms at 1 MHz. A miniaturized, floating retarding field analyzer allows for IEDF measurements on the biased substrate holder. The energy distributions are found to be good replica of the bias waveforms applied to the substrate, eventually skewed by collisions at higher pressures. Our findings allow to design tailored waveforms for optimal ion bombardment and thus, optimal film properties.

P 8.13 Di 16:50 INP-Staffelgeschoß

Standing Waves and Landau Damping in a Flat Coil Helicon Discharge — ●YUSUF CELIK, DRAGOS L. CRINTEA, CHRISTOPHER ISENBERG, RACHEL FAINBLAT, DRIK LUGGENHÖLSCHER, and UWE CZARNETZKI — Institute for Plasma and Atomic Physics, Ruhr University Bochum, 44780 Bochum

The field structure and the heating mechanism in a Helicon discharge in Argon are investigated. The discharge is excited by a flat coil antenna in the azimuthally isotropic $m = 0$ mode. Radial B-Dot measurements confirm that the azimuthal B field component is proportional to the derivative of the axial component. An analysis of transversal wave vector spectra demonstrates that mainly one transversal wave vector contributes to the axial helicon field. Operation is only possible at certain ratios of power to static magnetic field strength. These ratios are identified as modes of standing waves by axial B-Dot probe measurements. In modes showing a strong damping of the wave, the inferred phase velocity is close to the electron thermal velocity. The electron density and temperature are obtained by Langmuir probe measurements. An analytical standing wave model including Landau damping and Coulomb collisions reproduces very well the experimental results. From this comparison it can be clearly concluded that Landau damping of electrons travelling along the field lines at speeds close to the helicon phase velocity is the main damping mechanism. Supported by DFG via GK 1051.

P 8.14 Di 17:05 INP-Staffelgeschoß

Plasma series resonance effect and change from capacitive to inductive coupling in low-pressure RF inductively coupled plasmas — ●PHILIPP KEMPCKES — Institut für Experimentalphysik V, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum, Germany

RF inductively coupled plasmas (ICPs) are capable of two operational modes, the so-called E and H mode, between which usually no smooth variation exists, but a more or less sharp transition. The E mode is dominated by capacitive coupling and consequently shows characteristics of capacitively coupled plasmas (CCPs), which manifests itself in the occurrence of the the so-called plasma series resonance effect. We

present a description of the effect in terms of a lumped-element circuit model and demonstrate that it can be used to distinguish whether capacitive or inductive power coupling is dominant. Further, the dy-

namics of the transition from the E mode to the H mode is investigated experimentally, and the results are compared to a time-resolved global model.

P 9: Poster: Niedertemperaturplasmen

Zeit: Dienstag 17:30–19:30

Raum: Foyer des IfP

P 9.1 Di 17:30 Foyer des IfP

Analyse der effektiven VUV-/UV-Strahlung zur Sterilisation in einem doppelt induktiv gekoppelten Plasmareaktor — ●BENJAMIN DENIS¹, HELMUT HALFMANN², NIKITA BIBINOV¹, PETER AWAKOWICZ¹ und JOACHIM WUNDERLICH³ — ¹Lehrstuhl für Allgemeine Elektrotechnik und Plasmatechnik, Ruhr-Universität Bochum — ²OSRAM GmbH, Wipperfürth — ³Fraunhofer Institut für Verfahrenstechnik & Verpackungstechnik, Freising

Medizinische Implantate stellen große Herausforderungen an die Sterilisationstechnik. Die Plasmasterilisation ist eine viel versprechende Alternative zu herkömmlichen Sterilisationsmethoden. Mit ihrer Hilfe ist es möglich thermolabile oder biodegradierbare Kunststoffe bei niedrigen Temperaturen zu sterilisieren. Es wird ein doppelt induktiv gekoppelter Plasmareaktor zur Untersuchung der zugrunde liegenden Sterilisationsmechanismen verwendet. Als Mechanismen kommen Strahlung, Radikale und Ionenbeschuss in Frage. In diesem Beitrag wird der Einfluss der Strahlung untersucht. Photonen mit einer Wellenlänge kürzer als 275 nm können C-H und C-C Bindungen aufbrechen. Diese ultraviolette Strahlung kann die DNS oder die Sporenhülle beschädigen. Um den Wellenlängenbereich einzuzengen werden Versuche mit Kanfiltern und mit speziellen Gasmischungen durchgeführt. Als Testkeime dienen die Sporen von *Bacillus atrophaeus* (DSM 2277) und zwei Stämme des *Aspergillus niger* (DSM 1957 und DSM 1988). Es kann gezeigt werden das *B. atrophaeus* sensitiv auf den Wellenlängenbereich zwischen 235 und 300 nm reagieren, im Gegensatz dazu sind *A. niger* Sporen resistent gegen Strahlung oberhalb von 235 nm.

P 9.2 Di 17:30 Foyer des IfP

Systematische Untersuchung der Anregungsübertragung von Ar auf N₂ zur Steigerung der UV-Effizienz — ●ROLAND FRIEDL, URSEL FANTZ und PATRICK STARKE — Lehrstuhl für Experimentelle Plasmaphysik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg

An einer AC-Glimmladung (5-50 kHz, d = 25 mm, l = 30 cm) wurde die Abhängigkeit der Intensität der UV-Emission und der damit stattgefundenen Anregungsübertragung von verschiedenen Parametern untersucht. Dabei wurden unterschiedliche Gasmischungen von Argon in Stickstoff verwendet, wobei der Druck zwischen 1 und 200 mbar variiert. Die Entladungen wurden mittels Emissionsspektroskopie analysiert mit dem Ziel der Maximierung der UV-Ausbeute. Diese wird durch die Anregungsübertragung der resonanten und metastabilen 1s-Niveaus des Argon (Paschen-Notation) in das sog. zweite positive System des Stickstoffs bestimmt, wobei dann Photonen mit Wellenlängen zwischen 300 und 430 nm emittiert werden. Dieses Licht im ultravioletten Spektralbereich hat eine große Bandbreite an Anwendungen, von der Sterilisation biologischer Proben über (Leuchtstoff-) Lampen bis hin zum Aushärten von Kunststoffen.

P 9.3 Di 17:30 Foyer des IfP

Vergleich von kapazitiver mit induktiver HF-Einkopplung bei Niederdruckentladungen mit InBr — ●STEFAN BRIEFL, URSEL FANTZ und PATRICK STARKE — Lehrstuhl für Experimentelle Plasmaphysik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg

Lichtquellen mit einer Abstrahlung im nahen UV-Bereich besitzen ein vielfältiges Anwendungsspektrum. Eine Steigerung der Effizienz dieser Lichtquellen verspricht die Verwendung von Metallhalogeniden (insbesondere InBr) in Niederdruckentladungen, da diese Moleküle ein breites und intensives Bandenspektrum im nahen UV-Bereich emittieren. Wegen der hohen Reaktivität von Metallhalogeniden muss bei deren Einsatz aber auf elektrodenlose Einkopplungskonzepte zurückgegriffen werden. Daher werden HF-Entladungen (Frequenz 13,56 MHz) in heizbaren, abgeschlossenen Glasröhren mit definiertem Inhalt (Edelgas und InBr) sowohl mittels kapazitiver als auch mittels induktiver Einkopplung erzeugt. Die verschiedenen Einkopplungsmethoden werden hinsichtlich der Plasmamaparameter und der axialen Homogenität der Entladung in Abhängigkeit von der ins Plasma eingekoppelten Leistung spektroskopisch untersucht und verglichen.

P 9.4 Di 17:30 Foyer des IfP

Raumzeitliche Entwicklung von Potentialstörungen in VINETA — ●THOMAS WINDISCH¹, OLAF GRULKE^{1,2} und THOMAS KLINGER^{1,2} — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, 17491 Greifswald — ²Ernst-Moritz-Arndt Universität, 17489 Greifswald

Die Teilchen- und Energieflüsse in einem Plasma werden entscheidend durch stationäre und fluktuierende ExB-Driften selbstkonsistent bestimmt. Eine fluktuationsinduzierte Veränderung des globalen ExB-Strömungsprofils kann z.B. durch die mit Plasmaturbulenz verbundene nichtlineare Plasmadynamik (sog. zonal flows) verursacht werden. Solche ExB-Scherströmungen lassen sich aber auch extern durch lokale Störungen des Plasmapotentials erzeugen. Hierbei wird die Störung meist durch kalte oder geheizte (emissive) Elektroden hervorgerufen, die gegenüber dem Plasmapotential negativ vorgespannt sind. In diesem Beitrag wird die raumzeitliche Entwicklung einer extern aufgeprägten Potentialstörung im linear magnetisierten Helikonexperiment VINETA untersucht. Die globale (m=0) Störung wird hierbei durch eine Ringelektrode (d=2 mm) erzeugt. Untersuchungen zum dynamischen Verhalten von stationärer und amplitudenmodulierter Störung entlang des Magnetfeldes mittels Langmuir- und emissiver Sonden werden vorgestellt. Besonderes Augenmerk wird auf den Einfluss der Plasma- und Operationsparameter auf die Störungsausbreitung gelegt.

P 9.5 Di 17:30 Foyer des IfP

Experimentelle Untersuchungen zum Dispersionsverhalten von Alfvénwellen — ●KIAN RAHBARNIA^{1,2}, STEFAN ULLRICH¹, OLAF GRULKE^{1,2} und THOMAS KLINGER^{1,2} — ¹MPI für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, 17491 Greifswald, Germany — ²Ernst-Moritz-Arndt Universität, Greifswald, Germany

Alfvénwellen (AW) sind niederfrequente elektromagnetische Wellen, deren Frequenz begrenzt wird durch die Ionenzyklotronfrequenz f_{ci} . Sie spielen eine wesentliche Rolle bei Transportprozessen von Teilchen und Energie in astrophysikalischen Plasmen und Laborplasmen. Das Ausbreitungsverhalten einer AW wird bestimmt durch Störme senkrecht (Polarisationsdrift der Ionen) und parallel (Elektronenstrom) zum ungestörten Hintergrundmagnetfeld. In Mehrkomponentenplasmen führen unterschiedliche Ionenmassen zu verschiedenen f_{ci} . Zusätzlich wird die Strombilanz der AW, vor allem in Anwesenheit negativer Ionen, beeinflusst. Es werden detaillierte Messungen der AW-Strompfade in Helikonplasmen im linearen Plasmaexperiment VINETA präsentiert und mit Ergebnissen der Dispersionsrelation basierend auf einer Hall-MHD Beschreibung verglichen. Typische Dichten und Temperaturen einer Argon-Entladung liegen im Bereich von $n_e = 1 \dots 10 \times 10^{18} \text{ m}^{-3}$ und $T_e = 2 \dots 3 \text{ eV}$. Die Alfvéngeschwindigkeit ist $v_A = 1 \dots 8 \times 10^5 \text{ m/s}$ und für die Frequenz f_A gilt $f_A < f_{ci} \approx 40 \text{ kHz}$. Durch die kontrollierte Zufuhr von Helium bzw. Sauerstoff wird das Dispersionsverhalten der AW in Abhängigkeit von den relativen Iondichten mit Hilfe von Langmuir- und Magnetfeldsonden untersucht.

P 9.6 Di 17:30 Foyer des IfP

RF-Plasmen einer großflächigen Spiralantenne in VINETA — ●THOMAS WINDISCH¹, KIAN RAHBARNIA^{1,2}, OLAF GRULKE^{1,2} und THOMAS KLINGER^{1,2} — ¹MPI für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, 17491 Greifswald, Germany — ²Ernst-Moritz-Arndt Universität, Greifswald, Germany

Spiralantennen sind weit verbreitet zur Erzeugung induktiv gekoppelter Entladungen im Bereich plasmatechnologischer Anwendungen sowie zur Untersuchung grundlegender physikalischer Prozesse in Plasmen, z.B. Wellenausbreitung. Diese Arbeit präsentiert detaillierte Studien der Plasmamaparameter einer am linearen Plasmaexperiment VINETA eingesetzten großflächigen Spiralantenne. Die radiale Profildichte der induktiv gekoppelten Plasmen ist um einen Faktor drei höher verglichen mit der üblicherweise verwendeten Helikonantenne. Bei einer Eingangsleistung von $P = 0.5 \text{ kW}$ werden typischerweise Dichten von $1e17 \text{ m}^{-3}$ erreicht. Bei höheren Leistungen ($P \geq 1.5 \text{ kW}$) tritt ein

Modensprung auf, der durch einen Anstieg der Dichte um einen Faktor fünf gekennzeichnet ist. Ursache dafür ist eine $m = 0$ Helikonwelle, die durch Messung der \vec{B}_z -Komponente des Wellenfeldes nachgewiesen werden konnte. Während die Elektronentemperaturen in diesem Entladungsmodus im Bereich von 3 eV liegen, wird bei niedrigen Leistungen (Dichten) die Energieverteilungsfunktion durch nichtthermische Elektronen mit Energien bis zu 15 eV dominiert.

P 9.7 Di 17:30 Foyer des IfP

Exp. Untersuchungen zur Bildung von Doppelschichten in divergierenden Magnetfeldern — ●TIMO SCHRÖDER¹, OLAF GRULKE² und THOMAS KLINGER² — ¹Ernst-Moritz-Arndt Universität, Greifswald — ²MPI für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Greifswald

Unter Doppelschichten (DS) versteht man zwei Plasmaregionen unterschiedlicher Potentiale, die in einer Übergangszone von nur einigen Debyelängen einen starken Potentialgradienten aufweisen. Typischerweise werden DS durch getriebene Strompfade erzeugt. Es existieren jedoch bereits experimentelle Belege für die Ausbildung von stromfreien DS unter dem Einfluss divergierender Magnetfelder. Eine solche Methode der DS-Erzeugung könnte beispielsweise für eine neue Art von Ionenantrieben verwendet werden. Jedoch ist der genaue Mechanismus für die Entstehung dieser stromfreien DS noch wenig verstanden. In diesem Beitrag wird das Plasmapverhalten in Regionen starker Magnetfeldgradienten in der lin. Helikonanlage VINETA untersucht. Durch spezielle Anordnung der Magnetfeldspulen lassen sich axiale Magnetfeldgradienten von $\nabla B \leq 100$ T/m erzeugen. Mittels Langmuir- und emissiver Sonden wird der Verlauf von Plasmapotential, Dichte und Elektronentemperatur im Detail verfolgt. Hierbei sollen die Voraussetzungen für die Entstehung der DS ermittelt werden.

P 9.8 Di 17:30 Foyer des IfP

Experimental investigations of electron- and ion- beam driven instabilities — ●CHRISTOPHER RAPSON¹, OLAF GRULKE^{1,2}, and THOMAS KLINGER^{1,2} — ¹MPI for Plasma Physics, EURATOM Association, Greifswald — ²Ernst-Moritz-Arndt University, Greifswald

Plasma instabilities due to excitation by beams of electrons or ions have been observed in space and laboratory plasmas, and are relevant for a variety of dynamical phenomena in e.g. interstellar plasmas, particle accelerators and fusion plasmas. Beam particles can amplify plasma waves and large amplitude waves act in turn on the particles. Depending on the beam velocity and particle species different types of instabilities can be formed.

Electron and ion beams have been injected into an argon plasma ($n = 10^{15} \text{ m}^{-3}$, $T_e = 4 \text{ eV}$) in the linear plasma device VINETA. Beam densities are both 1% of the background density and particle energies correspond to electron thermal and ion acoustic velocities, respectively. The associated plasma dynamics is investigated with Langmuir probes and emissive probes for density and potential fluctuation measurements, respectively. The spatiotemporal evolution of the beam driven instabilities is reconstructed and compared to initial PIC simulation results.

P 9.9 Di 17:30 Foyer des IfP

PIC simulations of the separate control of ion flux and energy in capacitive RF discharges via the Electrical Asymmetry Effect — ZOLTAN DONKO¹, ●JULIAN SCHULZE², BRIAN HEIL², and UWE CZARNETZKI² — ¹Hungarian Academy of Science, Budapest, Hungary — ²Institute for Plasma and Atomic Physics, Ruhr-University Bochum

If the temporally symmetric voltage waveform applied to a capacitively coupled radio frequency (CCRF) discharge contains an even harmonic of the fundamental frequency, the sheaths in front of the two electrodes are necessarily asymmetric. A DC self bias develops even in a geometrically symmetric discharge, which is an almost linear function of the phase angle between the driving voltages. Thus, by tuning the phase, precise and convenient control of the ion energy can be achieved. In this work the EAE is verified using a Particle in Cell simulation of a geometrically symmetric dual-frequency CCRF discharge operated at 13.56 MHz and 27.12 MHz. It is shown explicitly, that the ion flux stays constant within +/- 5%, while the self bias reaches values of up to 80% of the applied voltage amplitude and the maximum ion energy is changed by a factor of three. The EAE is investigated at different pressures and electrode gaps. As geometrically symmetric discharges can be made electrically asymmetric via the EAE, the Plasma Series Resonance effect is observed for the first time in simulations of a geometrically symmetric discharge. This work is funded by the DFG through GRK 1051 and the Hungarian Scientific Research

Fund through grants OTKA-T-48389 and OTKA-IN-69892.

P 9.10 Di 17:30 Foyer des IfP

The Electrical Asymmetry Effect in capacitively coupled RF discharges - Analytical model and fluid simulation — U CZARNETZKI¹, B G HEIL¹, T MUSSENBRÖCK², R P BRINKMANN², J SCHULZE¹, and ●E SCHÜNGEL¹ — ¹Institute for Plasma and Atomic Physics, Ruhr-University Bochum — ²Institute for Theoretical Electrical Engineering, Ruhr-University Bochum

Control of the ion energy at the substrate surface is essential for many applications of capacitively coupled RF discharges. Here we propose a completely novel method to control the ion energy via the Electrical Asymmetry Effect (EAE). The EAE is investigated by an analytical model and a fluid dynamic simulation. In contrast to conventional dual-frequency discharges operated at substantially different frequencies, the discharge is driven by a fundamental and its second harmonic with variable phase between the voltage waveforms. The analytical model shows that the symmetry of the discharge is changed electrically by adjusting the phase and that - even in a geometrically symmetric discharge - a DC self-bias is generated, which depends almost linearly on the phase angle. The ion energy at the electrodes can, therefore, be controlled by adjusting the phase. Ion energy distribution functions are calculated explicitly by a fluid/Monte-Carlo simulation at different phase angles at both electrodes. Both, the analytical model and the fluid simulation show, that the EAE is self-amplifying at low pressures due to flux continuity in the sheath. This work is funded by the DFG through GRK 1051. A method for controlling the ion energy based upon this effect is patent pending.

P 9.11 Di 17:30 Foyer des IfP

Equilibrium properties of charge-asymmetric quantum bilayers — LASSE ROSENTHAL, KARSTEN BALZER, ALEXEJ FILINOV, and ●MICHAEL BONITZ — Institut für Theoretische und Astrophysik, Christian-Albrechts-Universität, Leibnitzstraße 15, 24098 Kiel

We present a quantum statistical treatment of the equilibrium properties of 2-dimensional quantum bilayers with spatially separated electrons and holes[1]. In the regime of intermediate and strong coupling the system is described by solving the self-consistent Hartree-Fock equations[2].

We compute the single particle spectrum and density-profiles of up to $N = 19$ electrons and holes. The influence of different mass ratios of electrons and holes is investigated. Results of spin-polarized calculations are compared to spin unrestricted calculations.

For moderate coupling the description is extended to include correlation effects. This is done by solving Dyson's equation for the equilibrium Matsubara Greens-function.

[1]P.Ludwig, K.Balzer, A.Filinov, H.Stolz and M.Bonitz 2008 New J.Phys.10 083031

[2]M.Bonitz, D.Semkat(Eds.), Introduction to Computational Methods in Many Body Physics, Rinton Press, Princeton (2006)

P 9.12 Di 17:30 Foyer des IfP

Analysis of the constriction of the dc positive column in argon — ●MYKHAYLO GNYBIDA, DETLEF LOFFHAGEN, and DIRK UHRLANDT — INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald, Germany

The dc positive column in argon plasmas at conditions of the glow-to-arc transition has been studied by means of fluid modeling. The self-consistent model comprises the particle balance equations for electrons, atomic and molecular ions, three excited argon atoms and two excited molecular species, the balance equation of the mean electron energy and the heavy particle temperature in the plasma, Poisson's equation for the space-charge potential, and a current balance determining the axial electric field. 33 reactions are included in the collisional-radiative model. The electron transport and rate coefficients are applied in dependence on the mean energy of the electrons and the gas temperature. Different assumptions concerning the electron energy distribution function have been considered. In particular, the impact of using a Maxwellian distribution and solutions of the 0D electron Boltzmann equation with and without consideration of electron-electron collisions, respectively, is analysed. The model calculations have been carried out for a discharge tube with a radius of 1 cm at currents between 0.6 and 70 mA and pressures between 100 and 500 Torr. The model predictions are compared with experimental data and the nonlocal features of the mean electron energy balance are discussed.

P 9.13 Di 17:30 Foyer des IfP

Effect of trapped electrons on soliton propagation in a plasma

having a density gradient — ●FARAH AZIZ, LARS STOLLENWERK, and ULRICH STROTH — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart

Korteweg-deVries (KdV) equation with an additional term due to the density gradient is obtained using reductive perturbation technique in an unmagnetized plasma having a density gradient, finite temperature ions and two-temperature nonisothermal (trapped) electrons. This equation is solved to get the solitary wave solution using sine-cosine method. The phase velocity, soliton amplitude and width are examined under the effect of electron and ion temperatures and their concentrations. The effect of ion (electron) temperature is found to be more significant in the presence of larger (smaller) number of trapped electrons in the plasma.

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. Using the particle-in-cell (PIC) simulation technique, the motion of a large number of charged particles in their self-consistent electric and magnetic fields is followed. PIC simulations of the target chamber of a double-plasma device are carried out, with the objective to study the above mentioned soliton dynamics.

P 9.14 Di 17:30 Foyer des IfP

Plasmadiagnostische Untersuchungen an einer RF-Sauerstoffentladung (CCP) mit YSZ (Yttrium stabilisiertes Zirkonoxid) Elektrode. — ●FRANK WIENHOLTZ, HOLGER TESTRICH und JÜRGEN MEICHSNER — Institut für Physik, Universität Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 6, D-17487 Greifswald

Energereiche negative Sauerstoffionen wurden an der geerdeten Elektrode einer RF-Sauerstoffentladung (Elektrodenabstand 2,5 cm, Druck 5 Pa, Self-bias Spannung -150 V) in ein Massenspektrometer (HIDEN EQP 300) überführt und nach Energie und Masse analysiert. Die Ionenenergieverteilungsfunktionen (IEVF) von negativen atomaren Sauerstoffionen zeigen einen ausgeprägten hochenergetischen Peak für YSZ im Vergleich zu einer metallischen Elektrode. Dieser resultiert von negativen Ionen, welche direkt an der Oberfläche des YSZ-Kristalls gebildet wurden. Messungen zur zeitlichen Abhängigkeit des Ionensignals nach Plasmazündung zeigen darüber hinaus eine charakteristische Abnahme der Ionenintensität, die vermutlich auf eine Verarmung des Sauerstoffgehaltes in einer dünnen Oberflächenschicht des YSZ-Kristalles durch Diffusionsprozesse herrühren. Zusätzlich wurden axiale Intensitätsprofile der optischen Emission von atomarem Sauerstoff (777nm, 844 nm) im Vergleich zur Argonemission bei 750 nm bei einem Totdruck von 30 Pa ($O_2 : Ar = 95 : 5$) und einer Self-bias Spannung von -175 V gemessen. Veränderungen der axialen Emissionsprofile werden hinsichtlich des Elektrodenmaterials (YSZ, Quarz) und der Elektrodentemperatur bis etwa 400 °C diskutiert. Die Untersuchungen wurden durch die DFG, ME1506/6-1, gefördert.

P 9.15 Di 17:30 Foyer des IfP

Time resolved observation of the optical signal from pulsed DBD's in a Ne-Xe-HCL gas mixtures — ●ANDREI PIPA, RENÉ BUSSIAHN, and ECKHARD KINDEL — INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald

Excimer lamps are promising sources of UV pulse radiation, especially when coherent light is not required. In this work a dielectric barrier discharge (DBD) operated in burst mode has been investigated. This operation mode is characterized by several submicrosecond high voltage pulses of square shape which are applied with 100 Hz repetition rate. Discharges in neon with small admixtures of xenon and hydrochloric acid were used as a source of UV radiation at 308 nm, emitted by the excimer molecule XeCl. The time evolution of Ne, Xe and XeCl radiation intensities for pressures in the range of 100-700 mbar and voltages in the order of 3-7 kV is presented with nanosecond resolution. A variation of the spectral band shape of XeCl emission in the beginning of the pulse is detected. Efficiency of the burst mode in dependence on operation condition is discussed.

This work was supported by the European Commission (STREP project POC4Life N°037933).

P 9.16 Di 17:30 Foyer des IfP

On the deposition ability of atomic species on a Pyrex surface studied via NO destruction kinetics — ●MARKO HÜBNER¹, OLIVIER GUAITELLA², ANTOINE ROUSSEAU², and JÜRGEN RÖPCKE¹ — ¹INP-Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald, Germany — ²LPTP, Ecole Polytechnique, CNRS, 91128 Palaiseau, France

To investigate the deposition ability of atomic species on surfaces and to understand the influence of coated surfaces to the destruction kinetics of NO during a plasma pulse a Pyrex tube has been used as a cylindrical plasma reactor. The inner surface of the tube was treated by a capacitive coupled RF plasma with different pre-cursors, namely O_2 , N_2 , Ar, and synthetic air. Thereafter, a gas mixture of 1% NO in N_2 was filled into the tube and used as a probe. The concentration of NO and NO_2 in the Pyrex tube was measured using IR-spectroscopy supplied by two quantum cascade laser based Q-MACS systems. With these preparations, two kinds of experiments have been performed. On one hand, the concentration of NO and NO_2 have been measured without plasma. It could be shown, that after O_2 and air pre-treatment, the concentration of NO decreased whereas the NO_2 concentration increased. The time scale is in the range of several tens of minutes. On the other hand, the respective concentration was measured during a 500ms RF plasma pulse.

P 9.17 Di 17:30 Foyer des IfP

Argon ion velocity distributions in a helicon discharge measured by laser induced fluorescence — ●DIRK LUGGENHÖLSCHER¹, YI-KANG PU², YUSUF CELIK¹, and UWE CZARNETZKI¹ — ¹Institute for Plasma and Atomic Physics, Ruhr University Bochum, Germany — ²Department of Engineering Physics, Tsinghua University, Beijing, China

Helicon discharges allow the generation of high density plasmas although operated at low pressure around 0.1 Pa. Here the ion velocity distribution in an argon discharge is studied experimentally. The Helicon discharge is generated by a flat coil antenna operated at 13.56 MHz in an azimuthally isotropic $m = 0$ mode. The Helicon wave develops as a standing wave confined along the static magnetic field lines between the antenna and the chamber bottom (distance 50 cm). Ion velocity distributions along and perpendicular to the static magnetic field are measured by laser induced fluorescence spectroscopy on metastable argon ions. The measurements reveal that two groups of ions exist, one cold group with a temperature close to the spectral resolution limit and a hot group with a temperature close to the electron temperature, i.e. several eV. The velocity distribution measurements are supplemented by probe measurements of the ion density, the electron energy distribution, and the floating and plasma potentials. Possible heating mechanisms for the ions are discussed. Candidates are wave heating, temperature and density gradients, and a double-layer in the divergent magnetic field.

P 9.18 Di 17:30 Foyer des IfP

Anwendung hoch-zeitauflösender QCLAS zur Untersuchung des gepulsten CF_4/H_2 RF Plasmas — ●SERGEY STEPANOV¹, STEFAN WELZEL², JÜRGEN RÖPCKE² und JÜRGEN MEICHSNER¹ — ¹Universität Greifswald, Institut für Physik, Felix-Hausdorff-Str. 6, 17487 Greifswald — ²Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V., Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald

Zur Bestimmung absoluter Dichten von CF_4 - und C_3F_8 -Molekülen in gepulsten kapazitiv gekoppelten CF_4/H_2 RF-Plasmen (13,56 MHz) wurde die hochauflösende Infrarot Quantum Cascade Laser Absorption Spectroscopy (IR-QCLAS) eingesetzt. Hierzu wurden ein komplexes Absorptionsspektrum im Wellenzahlbereich von 1269 bis 1275 cm^{-1} ausgewählt und effektive Absorptionsquerschnitte σ_{eff} für CF_4 und C_3F_8 definiert sowie deren Absolutwerte aus Absorptionsmessungen an den einzelnen Gasen bestimmt. Diese Absorptionsquerschnitte wiesen eine deutliche Abhängigkeit von der Gastemperatur T auf und wurden zusätzlich mittels einer heizbaren Referenzgaszelle für $T \leq 400$ K untersucht. Da sich die Absorptionsspektren beider Moleküle im betrachteten Spektralbereich stark überlagern, musste die totale Absorption beider Gase an zwei verschiedenen spektralen Positionen unter identischen Plasmabedingungen gemessen werden. Anschließend konnten die einzelnen Beiträge von CF_4 und C_3F_8 unter Berücksichtigung ihrer Temperaturabhängigkeit $\sigma_{eff}(T)$ entfaltet werden. Für die ausgewählten Versuchsbedingungen wurde eine Gastemperatur von 390 K im Plasma ermittelt. Diese Arbeit wird gefördert durch die DFG unter SFB-Transregio 24, Projekte B5 und B2.

P 9.19 Di 17:30 Foyer des IfP

Spektroskopische Bestimmung der metastabilen $O_2(a^1\Delta_g)$ -Moleküle in der positiven Säule der DC-Sauerstoff-Glimmentladung — ●RENÉ REIMER, HOLGER SPAHR und HANS-ERICH WAGNER — Universität Greifswald, Institut für Physik, Felix-Hausdorff-Strasse 6, 17487 Greifswald

Die metastabilen $O_2(a^1\Delta_g)$ -Moleküle sind ein wichtiger Reakti-

onspartner der negativen Ionen O^- , welche wiederum das Stabilitätsverhalten und die Struktureigenschaften der positiven Säule der DC-Sauerstoff-Glimmentladung bestimmen. Deshalb wurden systematische Messungen der Dichte metastabiler Moleküle mittels VUV-Absorptionsspektroskopie durchgeführt. Hierfür wurde die Absorption der Sauerstoffmoleküle im Grundzustand bei 134 nm und der $O_2(a^1\Delta_g)$ -Moleküle bei 128,5 nm genutzt. Dabei wurde ein Parameterbereich von $p_0 = 0,1 - 1$ Torr; $I_E = 0,1 - 40$ mA erfasst und u. a. eine signifikante Erhöhung der Teilchendichten der $O_2(a^1\Delta_g)$ -Moleküle beim Übergang von der T- zur H-Form registriert (T-Form $\hat{=}$ niedrige elektrische Feldstärke, H-Form $\hat{=}$ hohe elektrische Feldstärke). Gefördert im Rahmen des SFB-TR 24 „Komplexe Plasmen“, Projekt B1

P 9.20 Di 17:30 Foyer des IfP

160 GHz microwave interferometry for oxygen rf plasma (CCP) diagnostics — ●KRISTIAN DITTMANN, CHRISTIAN KÜLLIG, and JÜRGEN MEICHSNER — University of Greifswald, Institute of Physics, Greifswald, Germany

The microwave interferometry compared with probe diagnostics is a non-invasive method which affords a direct measurement of the line integrated electron density by the phase shift of the microwave due to the change of electron density without any model assumptions. The electron density is directly coupled with the plasma frequency and therefore with the refractive index of the plasma.

The interferometer consists of a frequency stabilized (PLL) heterodyne system operating at a frequency of 160 GHz ($\lambda = 1.87$ mm). Therefore, a quasi-optical setup is assumed, whereas it has to be considered special designed horn antennas and elliptical mirrors as well as the limiting apertures (windows of the plasma chamber) in relation to the beam waist for optimal coupling and focussing the microwave into the plasma centre. Assuming typical electron densities of rf plasmas (CCP) in the range from 10^{15} to 10^{16} m $^{-3}$ the corresponding phase shifts are expected of between 0.03° and 0.3° .

First measurements of line integrated electron densities were performed in dependence on oxygen total pressure and rf power. Using a simplified de-convolution method of the line-integrated signal the determined electron densities correspond to the expected values in rf plasmas.

P 9.21 Di 17:30 Foyer des IfP

Wave Heating in Neutral Loop Discharges — ●YUSUF CELIK, DRAGOS L. CRINTEA, CHRISTOPHER ISENBERG, RACHEL FAINBLAT, DIRK LUGGENHÖLSCHER, and UWE CZARNETZKI — Institute for Plasma and Atomic Physics, Ruhr University Bochum, 44780 Bochum

The Neural Loop Discharge (NLD) is believed to be based on a chaoticization of electron trajectories around a magnetic X-point. Single particle and PIC simulations predict strong heating by a superimposed RF electric field. In this contribution we demonstrate that the heating mechanism in inductive NLDs is in fact given by the formation of an azimuthally isotropic $m = 0$ Helicon wave. The current induced in the vicinity of the X-point modifies the Helicon field structure compared to the standard case observed in homogeneous fields. This leads to a beating of different longitudinal modes. In addition, standing wave patterns by reflection from the chamber bottom are observed. The parallel occurrence of different longitudinal modes stabilizes the discharge and operation is less critical to phase and refractive index matching than in a standard Helicon discharge. The above picture is the result of intensive measurements using Langmuir and B-dot probes as well as phase resolved optical emission spectroscopy (RF-MOS). Maximum optical emission is observed outside the neutral loop (X-point) along a hollow hose oriented parallel to the static magnetic field. The emission pattern remains unchanged when the flux lines to the X-point are blocked by quartz ring. The measured wave field structures agree well with a simple model including the diamagnetic current induced close to the X-point. Supported by DFG via GK 1051.

P 9.22 Di 17:30 Foyer des IfP

Dissociation of nitrogen atoms in Hollow Cathode Arc — IGOR VINOGRADOV and ●ACHIM LUNK — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart

Measurements of following plasma parameter in HCA by OES will be presented: EEDF, electron density, dissociation degree of nitrogen. Spectroscopic measurement of EEDF is based on the analysis of the molecular spectra of nitrogen and the atomic spectra of He, N and Ar. The shape of the EEDF was evaluated by Langmuir probe measurements. Investigations were performed in Ar/He, Ar/N $_2$, N $_2$ /He mixtures at gas pressure 0.3 - 1 Pa. A spectrometer of 75 cm focal

length together with a CCD-camera was used in OES. Discharge current is varied in the range of 20 - 110 A, voltage in the range of 32 - 50 V. An inhomogeneous magnet field was applied and its influence on plasma parameter was studied. The electron temperature does not strongly depend on the discharge current and the composition of gas mixture. Its averaged value is about (4.0 +/- 0.5) eV. The electron density depends sensitively on magnetic field and can be increased by a factor of 10 if magnet field is increased from 0 to 20 mT. Dissociation degree of nitrogen increases linearly with increasing discharge current.

P 9.23 Di 17:30 Foyer des IfP

Dielektrisch Behinderte Entladungen - Untersuchungen der Zündkriterien und der Strom- und Spannungscharakteristik — ●CHRISTIAN HOCK, ANDREAS SCHÖNLEIN, BATU KLUMP, BENJAMIN KOUBECK, MARCUS IBERLER und JOACHIM JACOBY — Johann Wolfgang von Goethe Universität, Institut für Angewandte Physik, Max von Laue Strasse 1, 60438 Frankfurt a.M.

Eine Dielektrisch behinderte Entladung (DBE) bezeichnet eine Entladung, bei der die Elektroden durch mindestens eine isolierende Schicht (Dielektrikum) von einander getrennt sind. Das Plasma zeichnet sich durch einen thermischen nicht Gleichgewichtszustand aus, bei der die mittlere Elektronenenergie weit Höher als die der schwereren Ionen ist. Dies ist durch die sehr kurze Entladungsdauer von wenigen Nanosekunden bedingt, die es dem Plasma nicht erlauben ein thermisches Gleichgewicht aufzubauen. Die Entladung kennzeichnet sich durch viele einzelne Streamerentladungen, auf Filamententladungen genannt. Diese sind im Stromspannungsverlauf durch viele einzelne Stromimpulse gekennzeichnet. Um das plasmaphysikalische Verhalten der DBE besser zu verstehen, sollen im Zuge dieser Arbeit, der Stromspannungsverlauf der Entladung untersucht werden und unter Variation verschiedener Parameter, wie z.B. der Pulsform (Sinus, Rechteckspannung), Pulsdauer und Amplitude, als auch Geometrie, Gasdruck und Elektrodenabstand die Zündkriterien bestimmt werden.

P 9.24 Di 17:30 Foyer des IfP

Integrierte 10 W Mikrowellen-Plasmaquelle an Atmosphärendruck — ●SILVIO KÜHN, HORIA-EUGEN PORTEANU und ROLAND GESCHE — Ferdinand-Braun-Institut für Höchstfrequenztechnik, Berlin

Eine neuartige atmosphärische Mikroplasmenquelle wird vorgestellt, die einen integrierten Solid-State-Mikrowellenoszillator nutzt. Die Plasmaquelle arbeitet mit Stickstoff oder Druckluft und benötigt zum Betrieb nur eine Gleichspannung von 24 Volt. Die Quelle besteht aus einem Mikrowellen-Resonator, der die Plasmaelektrodenstruktur beherbergt, sowie einen Hochleistungs-Galliumnitrid-Transistor. Der Transistor ist so beschaltet, dass eine gewollte Mikrowellenoszillation bei 2,3 GHz auftritt. Bei dieser Frequenz zündet das atmosphärische Mikroplasma, welches im Dauerstrich-Betrieb (CW) unterhalten wird. Bei der Plasmazündung tritt ein großer Impedanzsprung auf, der durch die Oszillatorschaltung beherrscht wird. In diesem Beitrag werden Verfahren für die mikrowellentechnische Entwicklung der Plasmaquelle beschrieben. Weiterhin wird der Impedanzsprung im Resonator sowie das Verhalten der gesamten Schaltung bei Plasmazündung detailliert untersucht.

P 9.25 Di 17:30 Foyer des IfP

Self-pulsing of a micro hollow cathode discharge — ●BEILEI DU, SEBASTIAN MOHR, DIRK LUGGENHÖLSCHER, and UWE CZARNETZKI — Institute for Plasma and Atomic Physics, Ruhr-University Bochum, 44780 Bochum, Germany

Micro hollow cathode discharges (MHCD) consist of two electrodes separated by a thin dielectric (100 μ m). The discharge develops in a hole penetrating all three foils (200 μ m diameter). When powered by a DC voltage of several 100 V, the discharge shows self-pulsing operation. The pulse frequency can range from several kHz up to about 1 MHz and the pulse width can be as short as several 10 ns. The self-pulsing and the discharge ignition is investigated in argon at pressures ranging from several 1000 Pa to atmospheric pressures. Voltage and current measurements as well as optical emission measurements by an ICCD camera equipped with a microscope lens are performed. The pulse frequency is related to the capacitance of the discharge setup. Due to the smallness of all components stray capacitances are actually quite important. The circuit is critically analyzed and consequences for interpretation of the measured current waveforms are discussed. The voltage-current characteristic shows a transition from abnormal mode to spark mode as in a DC glow discharge.

P 9.26 Di 17:30 Foyer des IfP

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

Das für Heizung und Stromtrieb an ITER vorgesehene Neutralteilchen-Injektionssystem basiert auf einer am IPP Garching entwickelten HF-Quelle für negative Wasserstoffionen. In einem Niederdruckplasma ($p \approx 0.3 \text{ Pa}$) werden durch Konversion an der mit einer dünnen Cäsiumschicht bedeckten Oberfläche des Extraktionssystems negative Wasserstoffionen erzeugt. Aufgrund der geringen Bindungsenergie des zusätzlichen Elektrons ($E_b = 0.75 \text{ eV}$) werden selbst bei niedrigen Elektronentemperaturen ($T_e \approx 1 - 2 \text{ eV}$) nur maximal etwa 20 % dieser Ionen extrahiert. Da die Potentialverteilung innerhalb des Plasmas von entscheidender Bedeutung für die Quelleffizienz ist, wurde mit einem 1d3v-PIC-Code selbstkonsistent die Ladungsdichteverteilung in der Plasmarandschicht an den Wänden der Ionenquelle und in der Umgebung einer Sondenspitze berechnet. Der Einfluss von an den Oberflächen produzierten negativen Ionen und den im Plasma vorhandenen positiven Cs-Ionen auf die Randschicht wurde untersucht. Der aktuelle Status des verwendeten Codes sowie die neuesten Ergebnisse werden vorgestellt und diskutiert.

P 9.27 Di 17:30 Foyer des IfP

Experimentelle Untersuchungen zur anlagerungsinduzierten Ionisationsinstabilität in einer Sauerstoff RF-Entladung — ●SILKE PETERS und JÜRGEN MEICHSNER — Institut für Physik, Universität Greifswald, Felix-Hausdorff-Str.6, 17489 Greifswald

Plasmen mit einem hohen Anteil negativer Ionen zeigen Effekte wie die anlagerungsinduzierte Ionisationsinstabilität. Diese entsteht unter bestimmten Entladungsbedingungen, bei denen der Prozess der Elektronenanlagerung gegenüber der Ionisation dominiert. In einer kapazitiv gekoppelten Sauerstoff-RF-Entladung kommt es mit einsetzender Instabilität zu Oszillationen der RF-Spannung sowie der optische Emission. Gleichzeitig durchläuft die atomare Sauerstoffgrundzustandsdichte mit steigender RF-Spannung ein Minimum [1]. In der vorliegenden Arbeit verschiebt sich dieses Minimum mit zunehmendem Entladungsdruck zu kleiner werdenden Selbstbias-Spannungen. Ebenso werden im gepulsten Entladungsmodus vergleichbare Oszillationen 2 – 7 ms nach dem Einschalten des Plasmas beobachtet. Ab diesem Zeitpunkt fällt die O-Atomdichte auf zwei Drittel ihres Ausgangswertes und erreicht nach 10 ms einen stationären Wert. Generell ergibt sich aus einem Vergleich der experimentellen Daten ein signifikanter Entladungsbereich für das Auftreten der Instabilität abhängig von der Selbstbias-Spannung und dem Druck.

[1] H.-M. Katsch et al., Appl. Phys.Lett. 75(14)(1999), 2023.

P 9.28 Di 17:30 Foyer des IfP

Investigation on T-waves in the low pressure dc positive column in oxygen — ●MARC BOGACZYK, DIRK PASEDAG, HOLGER TESTRICH, and HANS-ERICH WAGNER — Institut für Physik, E.-M.-Arndt-Universität Greifswald

Plasmas of electronegative molecular gases are known to be susceptible to the development of instabilities which lead to the excitation of standing and moving striations. In the positive column of the dc O_2 -glow discharge two regimes exist, one with a low axial electric field strength of about 5 V/cm, the so called T-mode, and the H-mode

with more than 10 V/cm. The investigations are focused on the anode directed waves in the T-mode and the dynamic behavior of the H- and T-mode. The determination of phase velocity and wavelength was done by probe head measurements on a plasma tube with variable electrode distances from 40 cm to 120 cm, pressures from 0.5 Torr to 1 Torr and discharge currents up to 60 mA. Also different cathode configurations were used.

Supported by SFB-TR 24, project B1.

P 9.29 Di 17:30 Foyer des IfP

Modifizierung edelmetallfreier metallorganischer Katalysatoren mittels Niedertemperaturplasmen — ●NATALIE SAVASTENKO¹, VOLKER BRÜSER¹, KIRSTEN ANKLAM¹, ANDREAS SCHMULH² und HENRIK JUNGE³ — ¹Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie, Greifswald, Deutschland — ²AMT Analysemesstechnik GmbH, Rostock, Deutschland — ³Leibniz-Institut für Katalyse e. V. an der Universität Rostock, Rostock, Deutschland

Niedertemperaturplasmen werden in vielen Bereichen zur Modifizierung von Oberflächen eingesetzt. Speziell nichtthermische Plasmen spielen wegen ihres geringen Wärmeeintrages bei der Oberflächenbehandlung temperaturempfindlicher Materialien eine bedeutende Rolle. In diesem Vortrag sollen die Ergebnisse der Modifizierung edelmetallfreier porphyrin-basierter Verbindungen mittels Niedertemperaturplasmen demonstriert werden. Diese Verbindungen werden u. a. als Kathodenkatalysatoren bei Brennstoffzellen mit flüssigen Reaktanten wie z. B. mit einer H_2O_2 -Lösung als Oxidationsmittel eingesetzt. Die katalytische Aktivität des Katalysators wurde durch eine Oberflächenbehandlung mit Hilfe eines Hochfrequenz-Plasmas (HF-Plasma) im Niederdruckbereich in stickstoff-, argon-, und sauerstoffhaltigen Arbeitsgasen gezielt verändert und mittels Zyklovoltammetrie untersucht. Die Katalysatoren wurden vor und nach der Plasmabehandlung mit Hilfe der Röntgen-Photoelektronen-Spektroskopie (XPS), UV/Vis-Spektroskopie und Atomkraftmikroskopie (AFM) untersucht. Diese Ergebnisse wurden in Korrelation mit der elektrochemischen Aktivität gesetzt.

P 9.30 Di 17:30 Foyer des IfP

Ion flux distribution functions for argon, argon/nitrogen and argon/oxygen discharges by ICP with superimposed static magnetic field — ●VASILE VARTOLOMEI and RAINER HIPPLER — Institut für Physik, E.-M.-Arndt Universität Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 6, D-17487 Greifswald

Our plasma is produced by an inductively coupled RF discharge (13.56 MHz) with an additional small static magnetic field (few mTesla). The earth free single turn inductive coil comes in contact with plasma. The design of experimental device combines the plasma source region with an expansion region (substrate region). During the plasma operation we measured the ion distribution functions (IDFs) of energetic ions in the expansion region using a combination of a quadrupole mass spectrometer and an electrostatic energy analyzer. We obtained the IDFs in the range 0.06 to 1 Pa with powers from 50 to 600 W. We investigated the passage from capacitive to inductive and then to ECWR (electron cyclotron resonance mode) using different gas mixtures: argon, nitrogen, oxygen, argon/nitrogen and argon/oxygen. The IEDFs shape evolves from a mono-peak structure to multi-peak structure (three, four or six peaks). Possible explanations for the additional splitting are discussed.

P 10: Poster: Plasmatechnologie

Zeit: Dienstag 17:30–19:30

Raum: Foyer des IfP

P 10.1 Di 17:30 Foyer des IfP

Charakterisierung einer HF-Mikroplasmaquelle für biomedizinische Anwendungen — ●NIKITA BIBINOV¹, SILVIO KÜHN², ROLAND GESCHE² und PETER AWAKOWICZ¹ — ¹AEPT, Ruhr-Universität, Bochum — ²Ferdinand-Braun-Inst. für HF-Technik, Berlin

Eine kompakte HF-Mikroplasmaquelle wurde mittels plasmachemischer Modellierung, optischer Emissions- und Absorptionsspektroskopie, Mikrophotographie und mit Hilfe eines elektrochemische NO-Detektor charakterisiert. Die Mikroentladung wird in einem Hohlraum gezündet, der als Mikrowellenresonator wirkt. Je nach Gaszusammensetzung produziert diese Quelle Flüsse verschiedener, chemisch aktiver

atomarer und molekularer Teilchen (z.B. O_3 oder NO) und kann in diversen medizinischen Anwendungen eingesetzt werden. Die Entladung wurde mittels OES parallel zur Achse durch die Düse und senkrecht zu der Achse durch ein Quarzfenster im Hohlraum untersucht. Das Plasmavolumen wurde mittels Mikrophotographie ausgemessen. Zur Ermittlung von Elektronenverteilungsfunktion und Plasmadichte wurden die Boltzmann-Gleichung numerisch gelöst und die Emissionsspektren berechnet und mit gemessenen Emissionsspektren von molekularem Stickstoff verglichen. Die Gastemperatur wurde mittels der Rotationsverteilungen in den Emissionsspektren der Stickstoffmoleküle ermittelt. Schließlich wurde die Produktion chemisch aktiver atomarer

und molekularer Teilchen im Plasma berechnet und mit den aus der Düse austretenden Flüssigen verglichen. Zur Messung dieser Flüsse wurden optische Absorptionsspektroskopie (O3) und ein elektrochemischer Detektor (NO) eingesetzt. Die Ergebnisse werden diskutiert.

P 10.2 Di 17:30 Foyer des IfP

Cäsiumdynamik in ITER-relevanten Quellen für negative Wasserstoffionen. — ●RAPHAEL GUTSER, DIRK WÜNDERLICH, URSEL FANTZ und NNBI-TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, 85748 Garching, EURATOM Assoziation

Quellen für negative Wasserstoffionen (H^- , D^-) sind für die Neutralteilchenheizung von Fusionsexperimenten wie ITER von hoher Relevanz. Zur effizienten Erzeugung negativer Ionen werden Atome und positive Ionen eines Wasserstoffplasmas durch den Oberflächenprozess in negative Ionen konvertiert. Elementares Cäsium (Cs), welches aus einem flüssigen Reservoir in die Ionenquelle verdampft wird, bildet dünne Schichten auf der Konverteroberfläche. Die Kenntnis der Bedeckung auf der Konverteroberfläche ist sehr wichtig, daher wurden Transportrechnungen von Cs-Atomen unter Vakuumbedingungen sowie von Cs^+ -Ionen im Plasmabetrieb der Ionenquelle durchgeführt. Diese werden mit experimentellen Ergebnissen der Cs Bedeckung, die sich nach Öffnung der Ionenquelle zeigt, verglichen. Ferner werden die für die Rechnungen notwendigen experimentellen Parameter zur thermischen Desorption von cäsiumbeschichteten Metalloberflächen bei unterschiedlichen Oberflächenbedingungen vorgestellt.

P 10.3 Di 17:30 Foyer des IfP

Messungen des Energiestroms in HiPIMS-Plasmen — ●MARC STAHL¹, DANIEL LUNDIN², MATTHIAS WOLTER¹, ULF HELMERSSON² und HOLGER KERSTEN¹ — ¹Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, AG Plasmatechnologie — ²Linköping University, IFM Material Physics, Plasma & Coatings Physics Division

In vielen Plasmaprozessen wie z.B. Dünnschichtabscheidung, Oberflächenmodifizierung und Plasmaätzen ist die Plasma-Wand-Wechselwirkung von großer Bedeutung. Die thermischen und energetischen Bedingungen an der Substratoberfläche unter Einfluss der verschiedenen Plasmaspezies wie Elektronen, Ionen und Neutrale / Radikale bestimmen die elementaren Prozesse (wie Adsorption, Diffusion, chemische Reaktionen) sowie die Mikrostruktur und Stöchiometrie auf der Oberfläche. Der gesamte Energiestrom kann mittels einer einfachen Thermosonde gemessen werden. High Power Impuls Magnetron Sputtering (HiPIMS) ist eine vielversprechende Technik auf Basis des Magnetronsputterns, das in vielen Industrieprozessen zur Dünnschichtabscheidung genutzt wird. Indem man kurze intensive Pulse verwendet, kann man die resultierende Plasmadichte um Größenordnungen im Vergleich zum herkömmlichen DC Magnetronsputtern erhöhen. Der Energiestrom durch ein HiPIMS-Plasma unter typischen Prozessbedingungen wurde gemessen. Die Kenntnisse über die räumliche Verteilung des Energiestroms und die Substrattemperatur sind für die resultierenden Schichteigenschaften und die Wahl des Trägermaterials wichtig.

P 10.4 Di 17:30 Foyer des IfP

Entwicklung, Aufbau und Untersuchung eines MHD-Plasmaventils — ●WALDEMAR SCHWEIZER, CHRISTIAN TESKE, JOACHIM JACOBY und JÖRG WIECHULA — Goethe Universität, Institut für Angewandte Physik, Max-von-Laue Str.1

An der GSI werden Versuche mit hochenergetischen Schwerionen durchgeführt. Bei zahlreichen Experimenten ist es dabei notwendig einen Schwerionenstrahl in einen Targetrezipienten einzukoppeln. Das Hauptproblem besteht darin, diese Schwerionenstrahlen möglichst verlustlos vom UHV-Rezipienten in einen Targetrezipient zu transferieren. Hierbei kommen zum Teil konventionelle Ventilsysteme zum Einsatz. Eine Lösung für dieses Problem bietet das neuartige MHD-Plasmaventil, das einen UHV-Rezipienten von einem Targetrezipienten ohne mechanische Trennwand separiert. Hierzu wurde ein Transferelement zwischen zwei Testrezipienten aufgebaut. Die Aufrechterhaltung des Druckgradienten resultiert aus den wirksamen Lorentzkraften, die durch orthogonale, elektromagnetische Felder hervorgerufen werden und senkrecht zur Gasflussrichtung stehen. Wenn nun ein Gas in UHV-Rezipient eingebracht und das Plasma gezündet wird, brennt kontinuierlich eine Entladung. Bei hinreichendem Ionisationsgrad kann die Teilchenbewegung durch die Lorentzkraften wirksam manipuliert werden. Untersucht wurden der maximale Druckgradient, sowie die dazu gehörigen Strom-Spannung-Charakteristik und die Plasmaparameter. Gefördert wurde dieses Projekt durch das BMBF.

P 10.5 Di 17:30 Foyer des IfP

Absorptionsspektroskopie zur Ba-Dichtemessung in HID-Lampen mittels UHP-Lichtquelle — ●MICHAEL WESTERMEIER, JENS REINELT, CORNELIA RUHRMANN, JÜRGEN MENTEL und PETER AWAKOWICZ — Ruhr-Universität Bochum, D-44801 Bochum, Germany

Ziel der hier vorgestellten Untersuchungen ist die Minimierung der Temperatur von Elektroden in Hochdruckgasentladungslampen (HID = high-intensity discharge) zur Verlängerung der Lampenlebensdauer. Der dazu genutzte "Emittereffekt" vermindert die effektive Wolfram-Austrittsarbeit am Plasma-Bogenansatz durch atomare Monolagen von Th, Dy, Ba oder Na. In der hier untersuchten Hochdruck-Natrium-Lampe wird das Emittiermaterial Ba durch einen Diffusionsprozess entlang der Elektrodenoberfläche an den Punkt des Plasma-Bogenansatzes transportiert. Um den Effekt zu optimieren, wird die Ba-Teilchendichte durch optische Absorptionsspektroskopie bestimmt. Der kostengünstige Absorptionso Aufbau mittels einer UHP-Lampe (ultra-high-pressure) ermöglicht die direkte spektroskopische Messung des Linien-Absorptionsprofils. Der spektrale Verlauf der Hintergrundstrahlung kann durch einen Polynom-Fit approximiert werden, damit entfällt die bei Laserabsorptionsmessungen erforderliche Abtastung des Linienprofils. Die Auswertung der Absorptionsmessung liefert die Ba-Dichte ohne eine zusätzliche Bestimmung der Plasmatemperatur. Es werden Meßergebnisse von Ba-Dichten bei verschiedenen Betriebsparametern zur Optimierung des Diffusionsprozesses gezeigt. Gefördert durch die Deutsche Forschungsgesellschaft (GRK 1051) und Philips Lighting, NL.

P 10.6 Di 17:30 Foyer des IfP

Einfluss von Plasmalampen auf die abendliche Melatonin-ausschüttung — ●RUSLAN KOZAKOV und HEINZ SCHÖPP — INP-Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald

Der 24-Stunden Takt des menschlichen Organismus kann durch die Melatoninmessung verfolgt werden. Die abendliche Melatonin-ausschüttung sorgt für ein gesundes Schlafverhalten. Im Rahmen des Projektes PLACAR (Plasma Lampen für circadiane Rhythmen) wurden verschiedene Plasma basierte Lichtquellen unter lebensnahen Bedingungen getestet. Zum Einsatz kamen Leuchtstofflampen, Hochdrucklampen sowie dielektrisch behinderte Entladungen. Neben einer sehr guten Farbwiedergabe spielt der Blauanteil des sichtbaren Spektrums eine wichtige Rolle in biologisch guten Beleuchtungsszenarien. Ausgewählte Messergebnisse des Projektes werden im Vergleich mit Modellen vorgestellt und diskutiert.

P 10.7 Di 17:30 Foyer des IfP

Untersuchung der Leistungsbilanz der Modelllampe im AC Betrieb — ●JENS REINELT, MICHAEL WESTERMEIER, JÜRGEN MENTEL und PETER AWAKOWICZ — Ruhr-Universität Bochum

Um die Effizienz von Hochdruckgasentladungslampen weiter zu steigern, ist es wichtig, den Teil der in die Lampe eingekoppelten Leistung P_{in} zu minimieren, der nicht zur Lichtemission beiträgt. Er besteht unter anderem aus der in die Plasmarandschichten eingekoppelten Leistung P_{sheath} , die zum Teil als Wärmestrahlung der Elektrode in die Umgebung und durch Wärmeleitung an den Lampenkolben abgegeben wird.

Im Vergleich zum Gleichstrombetrieb verändern sich diese Parameter beim Betrieb mit Wechselstrom, da nun auch die Zeit- bzw. Phasenabhängigkeit der Temperatur und der Wärmekapazität der Elektroden berücksichtigt werden muss. Außerdem verändern sich die Eigenschaften der Plasmarandschicht vor den Elektroden. Zur Erfassung der Zeitabhängigkeit wurde ein erweitertes Black-Box Model für die Kathode entwickelt.

Aus diesem Model wird aus phasenaufgelösten Temperaturmessungen, sowie einer phasenaufgelösten Auswertung der Wärmeleitungsgleichung die Kathodenfallspannung U_c ermittelt. Diese Messungen zeigen, dass der Einfluss der Wärmekapazität der Randschicht auf die Elektroden eine zunehmende Bedeutung erhält. Durch Variation der Bogenlänge wird außerdem die Summe von U_c und Anodenfall U_a bestimmt und damit U_a .

Gefördert durch die DFG (GK 1051).

P 10.8 Di 17:30 Foyer des IfP

Research on High-Efficient Hg-free Plasma Lamps — ●RALF METHLING, RENE BUSSIAHN, STEFFEN FRANKE, SERGEY GORCHAKOV, MANFRED KETTLITZ, HARTMUT LANGE, HARTMUT SCHNEIDENBACH, HEINZ SCHÖPP, and MARTIN WENDT — INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, D-17489 Greifswald

Nearly 20 % of the world wide energy consumption is spent for lighting. The use of more efficient light sources like plasma lamps or LEDs offers therefore a huge possibility to save energy and natural resources. For decades plasma lamps as fluorescent or metal halide lamps have been established as high performance light sources for general lighting and also for the illumination in automotive headlights. They increasingly substitute the less bright and less efficient halogen incandescent lamps.

A main task of research in this field is the development of high efficient environment-friendly lamps. The replacement of toxic materials such as mercury in discharge lamps became a challenge and motivation for the development of new high pressure as well as low pressure lamps in recent years. For that purpose experiments and theoretical investigations were performed to understand the processes inside the lamps and to find optimized operation conditions for a high radiation output.

Fruitful cooperation with OSRAM and Neon Products in several projects as well as funding by the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF) is kindly acknowledged.

P 10.9 Di 17:30 Foyer des IfP

Untersuchung und Charakterisierung einer Mikrowellenplasmaquelle bei 915 MHz — ●JOCHEN KOPECKI¹, DENNIS KIESLER¹, MARTINA LEINS¹, ANDREAS SCHULZ¹, MATTHIAS WALKER¹, KLAUS-MARTIN BAUMGÄRTNER², HORST MÜGGE² und ULRICH STROTH¹ — ¹Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart — ²Muegge Electronic GmbH, Reichelsheim

Durch die Skalierung eines bestehenden selbstzündenden Mikrowellen-Plasmabrenners von 2,45 GHz auf 915 MHz konnten die zur Verfügung stehende Leistung, die Größe des Resonators und das Plasmavolumen deutlich gesteigert werden. Somit lassen sich große Gasflüsse und Reaktionsvolumen realisieren, womit die Quelle für industrielle Zwecke interessant wird. Eine untersuchte Anwendung findet sich im Plasmaspritzverfahren, dem Beschichten mit Pulver als Ausgangsmaterial. Ein großer Vorteil gegenüber herkömmlichen Verfahren mit Plasmajets ist die elektrodenlose Energieeinkopplung dieser Quelle, wodurch die Verunreinigung durch Elektrodenmaterial verhindert wird.

Als Diagnostik wird die optische Emissionsspektroskopie verwendet. Hiermit wurde die Gastemperatur von synthetischer Luft radial sowie axial vermessen und im Kern zu ca. 3500 K bestimmt. Für weitere Versuche wurde der Plasmabrenner an eine Vakuumanlage adaptiert, um den Umgang mit kritischen Gasen und Pulvern zu ermöglichen. Erste spektroskopische Ergebnisse zeigen, dass es möglich ist, Silizium-Pulver mit Hilfe des Plasmas in atomare Form überzuführen und damit siliziumhaltige Schichten auf einem Substrat abzuschneiden.

P 10.10 Di 17:30 Foyer des IfP

Local deposition of fluoro-polymer thin films from C₃F₈-CH₄ mixtures using an atmospheric pressure plasma jet — ●ANDREAS VOGELSANG, JAN SCHÄFER, RÜDIGER FOEST, and KLAUS-DIETER WELTMANN — INP Greifswald e.V., Felix-Hausdorff-Straße 2, 17489 Greifswald

Miniaturized low-power atmospheric plasma jets are of increasing interest due to their capability to create discharges in a parameter range which is inaccessible for many other plasma sources. Their characteristic size, electron density, electron temperature and neutral gas temperature are such that special applications become possible in the fields of e.g. analytical chemistry, surface modification and thin film deposition. The experimental study concentrates on the deposition of (CF_x)-containing films by means of a non-thermal jet at 27.17 MHz, operating with argon and small admixtures of C₃F₈ and CH₄. The plasma source consists of a quartz capillary with two outer ring electrodes. The reactive gas mixture is introduced via a 2nd capillary downstream of the lower electrode thus reducing fragmentation in the active plasma region [1]. Film deposition is carried out under static conditions with no relative movement of source and substrate. Process parameters and deposition conditions are varied systematically and the resulting deposition profiles are analyzed (XPS and water contact angle). The results show the presence of highly crosslinked CF-composites with a steep radial contact-angle gradient of the circular structures.

[1] J. Schäfer, R. Foest et al., J. Phys. D: Appl. Phys. 41 (2008), 194010

P 10.11 Di 17:30 Foyer des IfP

Comparison of surface functionalization of different polymers by means of an atmospheric pressure plasma jet (APPJ) — ●KATJA FRICKE, ANTJE QUADE, KARSTEN SCHRÖDER, THOMAS VON

WOEDTKE, and KLAUS-DIETER WELTMANN — INP Greifswald e.V., Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald

Atmospheric-pressure nonequilibrium micro-plasma jets are used in a variety of applications related to surface treatment. Specifically, plasma based antimicrobial treatment of medical devices comprised of polymeric materials is of increasing interest. It is well known that plasmas can modify polymer surfaces chemically and topologically, leading to drastic changes of performance characteristics. For the case of antimicrobial treatment, a heavy plasma exposure is anticipated. Hence, detailed knowledge of surface modifications is mandatory. Process parameters, like power, gas flow conditions and material properties play a role in the appearance of the footprint of micro-plasma jets on the particular surface. Here, a systematization of these effects is tried. Results are presented for treatment of polyethylene (PE), polystyrene (PS), and tetrafluoroethylene-hexafluoropropylene (FEP) foil with an RF driven micro-plasma jet. Substrate distance and treatment time were systematically varied. The resulting radial dependence of the surface properties was characterized by XPS and contact angle measurements. The results imply a surprisingly low influence of a small oxygen admixture (1%) to the carrier gas (Ar). As expected, an increased incorporation of oxygen is observed for PE, whereas the same process causes less oxygen content on FEP foil as compared to operation with pure argon.

P 10.12 Di 17:30 Foyer des IfP

Plasma Etching of High-k Dielectric HfO₂ Films for Technological Applications — ●HARALD RICHTER, MIRKO FRASCHKE, MINDAUGAS LUKOSIUS, CHRISTIAN WENGER, DIRK WOLANSKY, JÜRGEN BERTHOLD, STEFFEN MARSCHMEYER, and IOAN COSTINA — IHP Frankfurt, Im Technologiepark 25, 15236 Frankfurt (Oder)

The integration of novel CMOS compatible materials is going to play an important role in semiconductor industry. Materials with higher k values are of essential interest for gate isolators or capacitor dielectrics in advanced technologies. Using high-k material HfO₂ integrated passive MIM (metal-insulator-metal) capacities can be increased essentially. This work is dedicated to plasma etching of MIM stack TiN/HfO₂. In contrast to other studies using high temperatures (up to 350°C), HfO₂ plasma etching was realized by magnetically enhanced reactive ion etching at conventional cathode and wall temperatures of 60°C. For plasma etching of capacitor layers a two-stage process was developed. First, the upper TiN electrode was etched in HBr reaching selectivities to underlying HfO₂ up to 15:1. Afterwards, BCl₃ containing plasma is used to etch HfO₂ with acceptable etch rates and sufficient selectivity realizing critical etch stop at lower TiN electrode. Process control is based on optical emission spectroscopy detecting 273nm wavelength. Surface analysis of etched HfO₂ films supports thermodynamical predictions of plasma reactions between Boron and HfO₂. In comparison to capacitors using classical dielectric Si₃N₄, the successful integration of HfO₂ into a quarter-micron BiCMOS technology leads to almost three times higher MIM area capacities.

P 10.13 Di 17:30 Foyer des IfP

Comparative chemical reaction studies of CH₄/Ar, C₂H₄/Ar and C₂H₆/Ar gas mixture dielectric barrier discharge plasma: mass spectrometrical analysis — ●ABHIJIT MAJUMDAR, TIN MAUNG TUN, and RAINER HIPPLER — Institute of Physics, Ernst-Moritz-Arndt-University Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 6, 17489 Greifswald, Germany

Chemical reactions in dielectric barrier discharge at medium pressure of 300 mbar have been studied in CH₄/Ar, C₂H₄/Ar, and C₂H₆/Ar gas mixtures by means of mass spectrometry. The main reaction scheme in CH₄/Ar is production of H₂ by fragmentation of CH₄, but production of higher order hydrocarbon molecules such as C_nH_m with n up to 9 including formation of different functional CN groups is also observed. Formation and fragmentation of C₂H₂, C₂H₄, and C₂H₆ molecules has been investigated in some detail. Significant differences are noted in comparison to a theoretical estimate.

P 10.14 Di 17:30 Foyer des IfP

Einfluss von bipolarem Substratbiasing auf das Schichtwachstum — ●EVELYN HÄBERLE, JOCHEN KOPECKI, ANDREAS SCHULZ, MATTHIAS WALKER und ULRICH STROTH — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart

Für die Herstellung von Dünnschichtsolarellen werden mittels eines Mikrowellenplasmas isolierende und diffusionshemmende SiO_x-Barrierschichten auf dünne, flexible Metallsubstrate aufgebracht. Es wird Stahl mit einer sehr rauen Oberfläche verwendet. Um dabei die

Ausbildung von Defektstellen in der Barrierschicht zu verhindern, kann deren Aufwuchsverhalten und Eigenschaften gezielt durch geeignetes Substratbiasing beeinflusst werden. Dazu werden die schichtbildenden Ionen durch einen an den Substrathalter angelegten negativen Spannungspuls auf diesen zubeschleunigt. Um die auf der Oberfläche der isolierenden Schicht verbleibenden Ladungen zu neutralisieren muss eine positive Spannung angelegt werden. Als Form der Biasspannung wurde zum Erreichen der größtmöglichen Effektivität des Vorgangs ein bipolarer Rechteckpuls gewählt. Es werden Ergebnisse zum Aufwuchsverhalten der Schicht in Abhängigkeit der Bias- und Plasmaparameter vorgestellt. Die Form der aufgewachsenen Schicht wird anhand von Si-Wafern mit einer definiert strukturierten Oberfläche im μm -Bereich untersucht. Dabei wurde deren Bruchkannte im Raster-Elektronen-Mikroskop ausgewertet. Die molekulare Zusammensetzung der Schicht wurde direkt mittels einer in-situ FTIR-Spektroskopie bestimmt. Diese Arbeit wird teilweise durch das BMBF mit dem FKZ 03SF0321C gefördert.

P 10.15 Di 17:30 Foyer des IfP

Metallisierung von Kohlenstoff-Nanofasern — ●VOLKER BRÜSER und SINA KUTSCHERA — Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V., Greifswald, Deutschland

Kohlenstoff-Nanofasern werden u.a. aufgrund ihres geringen thermischen Ausdehnungskoeffizienten als Füllstoff für Kupfer-Matrix-Komposite (MMC) verwendet. Diese Kupfer-Kohlenstoff MMCs können z.B. als Wärmesenken-Materialien in elektronischen Anwendungen (z.B. Laser-Dioden) eingesetzt werden. Jedoch tritt zwischen der Kupferphase und den Kohlenstoff-Nanofasern eine zu geringe Haftung auf, um einen optimalen Wärmeübergang zu gewährleisten. Der thermische Kontaktwiderstand kann durch eine Metallisierung der Nanofasern mit Chrom verringert werden. Für die Abscheidung wenige Nanometer dicker Metallschichten werden häufig Magnetron-Sputter-Verfahren eingesetzt. Eine Herausforderung ist jedoch die homoge-

ne Metallisierung von Kohlenstoff-Nanofasern. Während des Sputtervorganges müssen die Fasern intensiv bewegt werden, um eine gleichmäßige Beschichtung zu erreichen. Dafür sind geeignete Verfahren entwickelt worden, um einerseits eine möglichst vollständige Beschichtung zu gewährleisten und andererseits die Agglomeration zu unterdrücken.

P 10.16 Di 17:30 Foyer des IfP

Pulvermodifikation mittels Hohlkathodenglimmentladung in einem Wendelförderer am Beispiel von Polyethylen — MEIKE QUITZAU, MATTHIAS WOLTER und ●HOLGER KERSTEN — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Polyethylen (PE) wird in großen Mengen zur Herstellung von Folien, Plastikflaschen etc. eingesetzt. In Pulverform findet PE vielfach Verwendung z.B. als Füllstoff in Farben/Lacken oder in Kautschukstoffen als Weichmacher.

PE besitzt jedoch eine unpolare/hydrophobe Oberfläche, wodurch es nur schwer zu bekleben, zu bedrucken oder einzumischen ist. Daher muss die Oberfläche der Pulver modifiziert werden. In den meisten Fällen geschieht dies mittels Plasmabehandlung, da hier die gewünschten, positiven Baseigenschaften des Substratmaterials erhalten bleiben.

In den vorliegenden Untersuchungen wurde PE-Pulver mittels einer Hohlkathodenglimmentladung in einem Wendelförderer modifiziert. Dieser Aufbau ermöglicht eine kontinuierliche und homogene Pulvermodifikation bei beliebiger Behandlungszeit. Je nach Verwendung des Prozessgases werden unterschiedliche polare, funktionelle Gruppen auf der Oberfläche gebildet, die eine Verbesserung der Hydrophilie bewirken.

Für die Optimierung der Prozesse ist eine Diagnostik des Prozessplasmas unabdingbar. Dazu werden u.a. Ergebnisse zur Sondendiagnostik, TDLAS und Energiestrommessungen vorgestellt.

P 11: Poster: Staubige Plasmen

Zeit: Dienstag 17:30–19:30

Raum: Foyer des IfP

P 11.1 Di 17:30 Foyer des IfP

Dynamical Screening and Wake Effects in Spherical Dusty Plasmas — ●PATRICK LUDWIG¹, GLENN JOYCE², MARTIN LAMPE³, and MICHAEL BONITZ¹ — ¹Christian Albrechts Universität zu Kiel — ²Naval Research Lab, Washington, DC — ³University of Maryland, College Park, MD

Previous investigations have shown that 3D dusty plasma balls [1] can be well described by a one-component model with a static Yukawa-type pair interaction [2]. However, the multi-component plasma environment requires a systematic investigation of collective many-particle effects on the crystal formation. In particular the effect of streaming ions (i.e. a dynamically-screened Coulomb potential) can strongly influence structure and dynamics of a strongly-coupled dusty plasma.

In a plasma with ions streaming at a uniform velocity, the dust-dust potential takes the form of a wake structure, which results in attractive forces between the similarly charged dust grains [3]. Of central interest are therefore the remarkable structural and dynamical consequences for 3D plasma crystals due to the non-reciprocal forces of the wakefield. The considered simulation model comprises an accurate representation of all plasma properties, including screening, wake effects, ion and electron thermal effects, Landau damping, as well as collisional damping.

- [1] Arp et al., Phys. Rev. Lett. 93, 165004 (2004)
- [2] Bonitz et al., Phys. Rev. Lett. 96, 075001 (2006)
- [3] Lampe et al., Phys. Plasmas 7, 3851 (2000)

P 11.2 Di 17:30 Foyer des IfP

Short-time behavior of spherical plasma crystals — ●HANNO KÄHLERT and MICHAEL BONITZ — Institut für Theoretische Physik und Astrophysik, Christian-Albrechts Universität zu Kiel, 24098 Kiel
Strongly coupled charged particles in external confinement potentials are of high interest in many fields, e.g. laser-cooled ions or dusty plasmas. Here we investigate spherical dust crystals, so-called Yukawa balls [1], by means of Langevin dynamics (LD) simulations. In contrast to confined ions the motion of dust particles occurs on a 'macroscopic' timescale which makes these systems an ideal subject for studying

dynamical quantities on short time-scales and in the strong coupling limit. The analysis is based on a simple model which was shown to accurately describe the experiments [2].

The results from our LD simulations reveal an interesting behavior for the time evolution of the kinetic energy after the particles are released in the confinement potential [3], strongly dependent on the friction coefficient. Other quantities of interest are the evolution of the velocity distribution function and the time-dependent radial density profile.

- [1] O. Arp et al., Physical Review Letters **93**, 165004 (2004)
- [2] M. Bonitz et al., Physical Review Letters **96**, 075001 (2006)
- [3] H. Kählert et al., Physical Review E **78**, 036408 (2008)

P 11.3 Di 17:30 Foyer des IfP

Spectral properties of Yukawa balls in the presence of dissipation — ●HANNO KÄHLERT¹, CHRISTIAN HENNING¹, SEBASTIAN KÄDING², YURIY IVANOV², ANDRE MELZER², and MICHAEL BONITZ¹ — ¹ITAP, Christian-Albrechts Universität zu Kiel, 24098 Kiel — ²Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt Universität, 17489 Greifswald

The recent discovery of 3D dust crystals [1], which allow precision measurements and direct observation of strong correlation phenomena, excited intensive experimental and theoretical activities [2,3]. The response of these systems to external excitations and also the melting behavior is described by the normal modes and the corresponding excitation spectra [4].

Here, we present a theoretical and experimental analysis of these normal modes of three-dimensional spherically confined Yukawa clusters with particular attention to the influence of dissipation on the mode spectra [5]. We investigate those spectra from a theoretical point of view, and give a quantitative comparison with experimental results. This allows for a sensitive diagnostics of relevant experimental parameters, including particle charge and trap frequency.

- [1] O. Arp et al., Phys. Rev. Lett. **93**, 165004 (2004)
- [2] D. Block et al., Plasma Phys. Control. Fusion **49**, B109-B116 (2007)
- [3] M. Bonitz et al., Phys. Rev. Lett. **96**, 075001 (2006)

- [4] S. W. S. Apolinario and F. M. Peeters, Phys. Rev. E **76**, 031107 (2007)
 [5] C. Henning et al., submitted to J. Phys. A: Math. Gen. (2008)

P 11.4 Di 17:30 Foyer des IfP

Superdiffusion in dusty plasmas — ●TORBEN OTT and MICHAEL BONITZ — CAU zu Kiel, ITAP, Leibnizstraße 15, D-24098 Kiel

Recent experiments [1] and simulations [2] have shown that the diffusion in quasi-two-dimensional dusty plasmas does not follow the simple space-time relation $\langle |r(t)|^2 \rangle \sim t$ which is implied by Fick's law for random walkers. Instead of normal (Fickian) diffusion, these systems exhibit a superdiffusive behaviour which is characterized by $\langle |r(t)|^2 \rangle \sim t^\gamma$, where γ is the diffusion exponent and $\gamma > 1$ for superdiffusion. This implies that no meaningful (time independent) self-diffusion coefficient D can be defined for such two-dimensional systems.

We present results from classical molecular dynamics simulation for the diffusion in two-dimensional dusty plasma systems which are modelled by a Yukawa interaction. The influence of the coupling strength (coupling parameter Γ), the interaction range (inverse Debye length κ) and the effect of dissipation on the strength of superdiffusion (as measured by the diffusion exponent γ) are investigated.

- [1] B. Liu and J. Goree, PRL 100, 055003 (2008)
 [2] T. Ott, M. Bonitz, Z. Donkó, and P. Hartmann, PRE 78, 026409 (2008)

P 11.5 Di 17:30 Foyer des IfP

Diagnostik dynamischer Prozesse in finiten Staubwolken — ●DIETMAR BLOCK¹, MATTIAS KROLL¹, JAN SCHABLINSKI¹, SEBASTIAN KÄDING², ANDRE MELZER² und ALEXANDER PIEL¹ — ¹IEAP der CAU Kiel, 24098 Kiel, Germany — ²IP der EMAU Greifswald, 17487 Greifswald, Germany

Der besondere Reiz von Experimenten an staubigen Plasmen fußt auf der Beobachtbarkeit von dynamischen Prozessen auf mikroskopischer Skala, d.h. die individuellen Bewegungen aller Partikel lassen sich direkt messen. Bei 2D System wird dies mit Videomikroskopen seit der Entdeckung der Plasmakristalle erfolgreich praktiziert. Bei 3D Partikelwolken ist dies ungleich schwieriger. Mit Hilfe der digitalen Holographie und Stereoskopie ist es seit kurzem möglich dynamische Prozesse auch in finiten, 3D Staubwolken zu untersuchen. Dieser Beitrag fasst den aktuellen Stand dieser 3D Diagnostiken zusammen. Die Leistungsfähigkeit der Systeme wird an ausgewählten Beispielen zur Stabilität von Staubwolken demonstriert. So können z.B. durch Lasermanipulation sowohl die Schalenbesetzungen verändert werden als auch großskalige Partikelströmungen angeregt werden.

P 11.6 Di 17:30 Foyer des IfP

Rotationsbewegung einlagiger Staubcluster in der Randschicht magnetisierte HF-Plasmen* — ●JAN CARSTENSEN, FRANCO GREINER, LU-JING HOU und ALEXANDER PIEL — IEAP, Christian-Albrechts-Universität, D-24098 Kiel

Es ist bekannt, dass Staubcluster, die in der Randschicht eines HF-Plasmas eingefangen sind, in Gegenwart eines axialen magnetischen Feldes eine Rotationsbewegung ausführen. Dieser Effekt wurde innerhalb der letzten zehn Jahre sowohl von theoretischer als auch experimenteller Seite untersucht, ist aber bis heute nicht im Detail verstanden. Der derzeit favorisierte Mechanismus geht von einer Ionenwindkraft aus, die infolge der elektrischen und magnetischen Felder innerhalb der Randschicht eine azimuthale Komponente enthält. Es werden Experimente vorgestellt, die einerseits zeigen, dass die Ionenwindkraft nicht die alleinige Ursache der Clusterrotation sein kann, und andererseits die Vorstellung nahe legen, dass die Ionendrift innerhalb der Randschicht über Ionen-Neutral-Stöße zu einer Bewegung des umgebenden Neutralgases führt. Weiterhin wird ein Modell vorgestellt, dass, ausgehend von den elektrischen und magnetischen Feldern und den Ionendichten, eine Abschätzung der Neutralgasbewegung erlaubt.

*Gefördert von der DFG im Projekt SFB-TR24 A2

P 11.7 Di 17:30 Foyer des IfP

Axiale Beobachtung der Staubbewegung in toroidalen magnetisierten Staubwolken — ●ROBERT GROSSE-AHLERT, IRIS PILCH, TORBEN REICHSTEIN und ALEXANDER PIEL — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität, D-24098 Kiel

In magnetisierten anodischen Plasmen lassen sich kleine Staubwolken in einem Gleichgewicht aus Gravitation, elektrischer Feldkraft und Ionenwindkraft einfangen. Bei geeigneten Parameterwerten ($P = 3$ W,

$U = 65$ V, $p = 5.4$ Pa, $B = 20$ mT) formt sich die Staubwolke zu einem Torus parallel zur Anode mit einer staubfreien Region im Zentrum, der von der Anode aus betrachtet gegen den Uhrzeigersinn rotiert. Bisher wurde die Bewegung der Teilchen in horizontalen Schnitten gemessen. Während die Teilchen am unteren Ende das Bild eines gleichförmig rotierenden Torus wiedergeben, beobachtet man am oberen Ende eine Teilchengeschwindigkeit, die in Rotationsrichtung zunimmt. Zur Bestimmung des vollständigen Strömungsprofils fehlt demnach ein vertikaler Schnitt, mit dem man die Geschwindigkeit über den gesamten Torus messen kann. Dies gelingt nunmehr mit Hilfe einer transparenten ITO-Elektrode, die als Anode dient und einen axialen optischen Zugang ermöglicht. Es werden erste Ergebnisse zum Betrieb des anodischen Plasmas mit ITO-Elektrode, zum Staubeinschluss und zur poloidalen Strömung vorgestellt. Gefördert durch SFB-TR24/A2.

P 11.8 Di 17:30 Foyer des IfP

Untersuchungen zum Verhalten von Mikropartikeln unter dem Einfluss zusätzlicher Felder — ●MORITZ HAASS, MATTHIAS WOLTER und HOLGER KERSTEN — IEAP, Universität Kiel

Das Verhalten von Mikropartikeln vor Oberflächen (Gefäßwand) ist von großem Interesse, z.B. in Prozessplasmen. Auf die Mikropartikel wirken verschiedene Kräfte (Gravitation, elektrische Feldkraft,...), die in ihrer Gesamtheit zum Einfang dieser Partikel in der Plasmarandschicht führen können. Der Einfluss des Oberflächenpotentials (floating, biased, ground) auf die Gleichgewichtsposition der Partikel wurde in unterschiedlichen Konfigurationen in einer asymmetrischen HF-Entladung (PerPIEx) untersucht. Senkrecht zur HF-Elektrode wird eine "Wand" in das System eingebracht, welche auf Floating- oder HF-Elektrodenpotential liegt. Für den Fall der floatenden Wand, kann bei den Partikeln ein "benetzungsartiges" Verhalten in Abhängigkeit vom Inertgasdruck und der HF-Leistung beobachtet werden. Bringt man eine Wand, die positiv oder negativ vorgespannt wird, parallel zur HF-Elektrode über die Partikel in die Entladung wird das Freifallverhalten der Mikropartikel beeinflusst, woraus man Aufschluss über die auf die Partikel wirkenden Kräfte erhalten kann. Zur Charakterisierung des HF-Plasmas wurden Langmuirsonden-, Thermosonden-, RFA-Messungen und optische Emissionsspektroskopie durchgeführt.

P 11.9 Di 17:30 Foyer des IfP

Staubige Plasmen unter Einfluss erhöhter Schwerkraft — ●TAALKE OCKENGA¹, MATTHIAS WOLTER¹, HOLGER KERSTEN¹, JOB BECKERS² und WINFRED STOFFELS² — ¹Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, AG Plasmatechnologie — ²Technische Universität Eindhoven, EPG

Die Diagnostik von Plasmen mittels Mikropartikeln als elektrostatische Sonden ist eine relativ neue Methode zur Charakterisierung von Prozessplasmen.

Werden Mikropartikel in ein Plasma gebracht, können sie durch ein Kräftegleichgewicht aus elektrischer Feldkraft und Gewichtskraft im Bereich der Plasmarandschicht eingefangen werden.

In den Experimenten wurden monodisperse Partikel ($r = 5..12$ Mikrometer) in eine HF-Entladung eingebracht und über der unteren (gepowerten) Elektrode eingefangen. Das gesamte Experiment konnte auf einer Zentrifuge installiert werden, wodurch die Schwerkraft bis zu einem Faktor von 2,6 erhöht werden konnte. Durch den Einfluss dieser zusätzlichen Kraft veränderten die Partikel ihre Position in der Randschicht. Durch die Bestimmung der Einfanghöhe der Partikel und deren Veränderung unter verschiedenen Schwerkraftbedingungen sollte es möglich sein, Rückschlüsse auf das Plasma zu ziehen. Ziel ist es, einen Zugang zu den Plasmaparametern (Temperatur, Dichte, etc.) zu erhalten, ohne eine lokale Störung (z.B. durch Langmuir-Sonden) zu verursachen.

Es werden Ergebnisse der Messungen gezeigt und ein Vergleich mit ersten Resultaten aus der Simulation gegeben.

P 11.10 Di 17:30 Foyer des IfP

Strukturanalyse von selbsterregten Staubbichtwellen unter Schwerelosigkeit — ●KRISTOFFER MENZEL, DAVID CALIEBE, OLIVER ARP und ALEXANDER PIEL — IEAP, CAU-Kiel, D-24098 Kiel

Selbsterregte Staubbichtwellen in einem komplexen Plasma wurden unter Schwerelosigkeit bei geringen Neutralgasdrücken und hohen Staubbichten beobachtet. Die Wellen entstehen spontan und propagieren von der Voidkante aus radial nach außen. Im Innern des Staubvolumens breiten sich diese parallel zum lokalen Ionenfluss aus, an der Schichtkante allerdings, d.h. in einem Bereich hoher elektrischer Felder und damit deutlich schnelleren Ionen, schräg dazu [1,2]. Für ein besseres Verständnis der komplexen Struktur der Staubbichtwellen

len wurden kürzlich neue Experimente auf Parabelflügen in einem HF-Parallelplattenreaktor durchgeführt. Die als Diagnostik verwendete Scanning Video Microscopy erlaubt dabei zunächst die Analyse zweidimensionaler Schnitte durch das Staubvolumen, wodurch die spektralen Eigenschaften der Wellen bestimmt und Phasendefekte im Wellenfeld lokalisiert werden konnten. Desweiteren ist es unter Ausnutzung der hohen zeitlichen Kohärenz gelungen, Rückschlüsse auf die dreidimensionale Struktur des Wellenfeldes zu ziehen. Gefördert durch DLR unter 50WM0739

[1] A.Piel et al., Phys. Rev. Lett. **97**, 205009 (2006), Erratum: Phys. Rev. Lett. **99**, 209903 (2007)

[2] A.Piel, O.Arp, M.Klindworth, and A. Melzer, Phys. Rev. E **77**, 026407 (2008)

P 11.11 Di 17:30 Foyer des IfP

Staubströmungen in komplexen Plasmen unter Mikrogravitationsbedingungen — ●DAVID CALIEBE, KRISTOFFER MENZEL, OLIVER ARP und ALEXANDER PIEL — IEAP, CAU-Kiel, D-24098 Kiel

Es werden Experimente vorgestellt, bei denen die Wechselwirkung einer extern erzeugten Partikelströmung mit einem stationären staubigen Plasma unter Mikrogravitation auf Parabelflügen beobachtet wurde. Dabei fließen die Partikel von außerhalb ins Zentrum der Entladung hinein und interagieren mit der eingefangenen stationären Wolke. Wir beobachten in unserem Experiment eine signifikante Abhängigkeit der Topologie der Strömung von den Parametern der Entladung, insbesondere dem Neutralgasdruck und der Hochfrequenzamplitude. So wird zum einen ein langsamer paralleler Partikelstrom beobachtet, zum anderen, wenn Druck und Amplitude vermindert werden, eine Wirbelströmung mit vielen schnelleren Partikeln, die zum Teil weit in die Staubwolke eindringen. Die gemachten Beobachtungen werden mit Partikeltrajektorien verglichen, die aus simulierten Kraftfeldern des elektrischen Feldes, des Ionenwindes sowie der Neutralgasreibung gewonnen wurden. Auf diese Weise werden Rückschlüsse auf den Mechanismus der Strömungen gezogen.

Gefördert durch DLR unter 50WM0739

P 11.12 Di 17:30 Foyer des IfP

Einfluss von Staubdichtewellen auf das Eigenleuchten eines komplexen Plasmas unter Schwerelosigkeit — ●OLIVER ARP, DAVID CALIEBE, KRISTOFFER MENZEL und ALEXANDER PIEL — IEAP, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, D-24098 Kiel

Experimente unter Schwerelosigkeit zeigen, dass in einem staubigen Plasma in einer HF-Parallelplattenentladung bei niedrigen Gasdrücken spontan ausgedehnte Staubdichtewellen mit einem komplizierten dreidimensionalen Wellenfeld entstehen können [1,2]. Diese Wellen bewirken eine ausgesprochen starke Modulation der lokalen Staubdichte und lassen somit einen signifikanten Einfluss auf das umgebene Plasma vermuten. Um ein tiefergehendes Verständnis für das Entladungsgleichgewicht und den Antriebsmechanismus der Wellen, sowie ihrer komplexen Struktur zu gewinnen, wurden neue Experimente unter Schwerelosigkeit auf Parabelflügen durchgeführt. Dabei hat ein spezielles Kamerasystem gleichzeitig die Staubwolke und das Eigenleuchten des Plasmas beobachtet, welches hier als qualitatives Maß für die Ionisationsprozesse im Plasma dient. Es konnte ein starker Einfluss des Staubs auf das Leuchten des Plasmas festgestellt werden. Insbesondere wurde eine Modulation des Eigenleuchtens beobachtet, deren Beziehung zu den Staubdichtewellen diskutiert wird. Gefördert durch DLR unter 50WM0739.

[1] Piel et al., Phys. Rev. Lett. **97**, 205009 (2006), Erratum: Phys. Rev. Lett. **99**, 209903 (2007)

[2] A.Piel, O.Arp, M.Klindworth, and A. Melzer, Phys. Rev. E **77**, 026407 (2008)

P 11.13 Di 17:30 Foyer des IfP

Anregungsdynamik in der Randschicht Staubiger Plasmen — ●SIMON HÜBNER und ANDRÉ MELZER — Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald

Ziel dieser Untersuchung ist die Beobachtung der Anregungsstrukturen eines Niederdruckplasmas mit und ohne Staub. Es wurde speziell die spektrale Emission von Argon bei 751nm in der Randschicht einer kapazitiv gekoppelten Rf-Entladung untersucht. Technisch ermöglicht wird dies durch eine zeitlich und räumlich auflösende ICCD Kamera mit elektronischer Verschlusszeit von 2ns. Damit kann der Rf-Zyklus aufgelöst werden und mit direkt anschließenden Aufnahmen bei gleichen Plasmaparametern aber zusätzlich eingebrachtem Staub verglichen werden. Dabei führen Staubpartikel mit Durchmessern größer als 6µm (bis 12µm) zu einer Verringerung der Emissionsintensität der an-

geregten Spezies, wohingegen kleinere Partikel unter 4µm (bis 2,5µm) Durchmesser eine Erhöhung derselben bewirken. Diese gegenläufige Beobachtung kann durch eine Kombination von Erhöhung der Elektronentemperatur durch den Staub und paralleler Verminderung der Elektronendichte durch größenabhängige Ladungsprozesse des Staubes in der Randschicht erklärt werden.

P 11.14 Di 17:30 Foyer des IfP

Einfluss von negativen Ionen auf Plasmainstabilitäten in DUSTWHEEL* — ●SASCHA KNIST, FLORIAN BISS, HELGE KETELSEN, FRANKO GREINER und ALEXANDER PIEL — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität Kiel, 24098 Kiel

In magnetisierten Laborplasmen werden unterschiedliche Wellenphänomene wie Kelvin-Helmholtz-, Rayleigh-Taylor- und Driftinstabilitäten beobachtet. Driftwellen sind in magnetisierten Plasmen allgegenwärtige Wellenphänomene, die durch den Druck der Elektronen getrieben werden und in gewöhnlichen Plasmen gut verstanden sind. Es gibt eine Reihe theoretischer Untersuchungen, wie eine zusätzliche elektronenreduzierende Komponente, speziell Staub, diese Instabilitäten beeinflussen. Es werden Untersuchungen vorgestellt, in denen im ersten Schritt einem Argonplasma negative Ionen (Sauerstoff) im einstelligen Prozentbereich zugeführt werden. Dies ermöglicht eine raum-zeitliche Modifikation der Driftwellendynamik. In einem zweiten Schritt wird in dem Argonplasma Nanostaub produziert, der durch Dissoziation von Acetylen erzeugt wird und dessen Einfluss auf die Dynamik der Instabilitäten/Driftwellen untersucht. Es werden in diesem Beitrag die Parameterbereiche analysiert, in denen Instabilitäten anwachsen und die Anforderung an die negative Ionen- und Staubdichte diskutiert, die zu meßbaren Veränderungen an der Dispersion und Stabilität der Welle führen.

* gefördert durch SFB-TR24-A2

P 11.15 Di 17:30 Foyer des IfP

Potential- und Dichteverteilung in einem magnetisierten staubigen Plasma — ●TORBEN REICHSTEIN, IRIS PILCH und ALEXANDER PIEL — IEAP, CAU-Kiel, D-24098 Kiel

Um zu einem tieferen Verständnis der in staubigen Plasmen ablaufenden Prozesse zu gelangen, ist eine genaue Kenntnis der Plasmamparameter wie Plasmadichte und Plasmapotential von Nöten. Zu deren Bestimmung sind zahlreiche Diagnostiken entwickelt worden. Im Experiment Matilda-II wird in einer Hochfrequenzentladung ($f = 27,12$ MHz) ein schwach magnetisiertes anodisches Plasma ($U \approx 70$ V, $B = 20$ mT) betrieben. In einem gewissen Parameterbereich ist es möglich, im anodischen Plasma torusförmige Staubwolken einzufangen, die ein ausgeprägtes Loch in der Mitte aufweisen und um die Hauptachse des Torus rotieren.

Ziel der an diesem Experiment verwendeten Sondendiagnostik ist die Beschreibung dieser torusförmigen Staubstrukturen aus den experimentell bestimmten Plasmamparametern. Die Plasmadichte wird mit einer Langmuirsonde, das Plasmapotential separat mit einer emissiven Sonde ortsaufgelöst ermittelt. Mit Hilfe einer Modellvorstellung ist aus dem Potentialverlauf eine Abschätzung der im Plasma auftretenden Kräfte ermöglicht worden. Mit diesen Kräften lassen sich Einschluss und Dynamik der Staubwolken beschreiben. Dabei ist eine gute Übereinstimmung zwischen den aus der Modellvorstellung folgenden Vorhersagen und visuellen Beobachtungen torusförmiger Staubstrukturen zu beobachten. Gefördert durch den SFB-TR24/A2.

P 11.16 Di 17:30 Foyer des IfP

Torusförmige Staubwolken in einem anodischen Plasma — ●IRIS PILCH, TORBEN REICHSTEIN, ROBERT GROSSE-AHLERT und ALEXANDER PIEL — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts Universität, D-24098 Kiel

Das Experiment Matilda II, in dem die Untersuchungen durchgeführt wurden, besteht aus einer primären HF-Entladung ($f = 27,12$ MHz) und einem anodischen Plasma ($U \approx 60 - 70$ V) im Zentrum der Kammer. In diesen anodischen Plasmen können Partikel in einem Gleichgewicht aus Schwerkraft, elektrischer Feldkraft und Ionenwindkraft eingefangen werden, wobei die Schwerkraft bei den von uns verwendeten kleinen Partikeln ($d = 0,97$ µm) für den Einschluss unbedeutend ist. Die Form der beobachteten Staubwolken hängt unter anderem von der Teilchenanzahl und den Entladungsparametern Druck, Magnetfeld, HF-Leistung und Anodenspannung ab. Bei Variation dieser Parameter konnten torusförmige Staubwolken erzeugt werden, deren zentraler staubfreier Bereich demselben Gleichgewicht aus Ionenwindkraft und elektrischer Feldkraft unterliegt wie in unmagnetisierten Plasmen. Die

Staubpartikel rotieren um die Torusachse in Richtung der Azimutalkomponente der Ionenwindkraft.

In diesem Beitrag werden die Existenzbereiche solcher Tori in Abhängigkeit von den Entladungsparametern bestimmt und die Partikelströmung mittels particle-image-velocimetry gemessen. Gefördert durch SFB-TR24/A2.

P 11.17 Di 17:30 Foyer des IfP

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

Bei vielen staubigen Plasmen verwendet man Staubpartikel in der Größenordnung von 1 - 10 Mikrometern. Bei dieser Partikelgröße führt die Gravitationskraft meist dazu, dass die Staubpartikel schnell sedimentieren und sich in wenigen Schichten in der Randschicht anordnen. Für die Untersuchung von staubmodifizierten Driftwellen im Experiment DUSTWHEEL* ist es jedoch notwendig, dass die Staubpartikel im gesamten Plasmavolumen verteilt sind. Um den Einfluss der Gravitation zu minimieren, können Staubpartikel im 100nm-Bereich verwendet werden. Eine in-situ Erzeugung von Nanostaub ermöglicht zum Beispiel ein Argon/Acetylen Plasma, in dem Partikelwachstum stattfindet. Die Partikel wachsen solange bis sie aufgrund ihrer Masse aus dem Plasmavolumen herausfallen oder bis der Acetylenzufluss gezielt beendet wird. Die Größe der erzeugten Partikel kann mit Hilfe der Mie-Ellipsometrie bestimmt werden. In diesem Beitrag geht es um den Aufbau einer solchen Diagnostik. Mit Hilfe einer Extinktionsmessung wird zusätzlich die Anzahldichte der erzeugten Staubpartikel bestimmt. Mit Langmuir-Sonden wird die Abhängigkeit der Staubproduktion von den Plasmaparametern und der Elektrodengeometrie des HF-Plattenreaktors untersucht.

*gefördert von der DFG im Projekt SFB-TR24 A2

P 11.18 Di 17:30 Foyer des IfP

Stereoskopie komplexer Plasmen unter Schwerelosigkeit — ●BIRGER BUTTENSCHÖN und ANDRÉ MELZER — Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 6, 17487 Greifswald

Für die Untersuchung dynamischer Vorgänge in komplexen Plasmen ist eine Diagnostik unverzichtbar, die eine simultane dreidimensionale Positionsbestimmung einer großen Zahl von Partikeln ermöglicht. Für den Einsatz unter Schwerelosigkeit im Rahmen von Parabelflügen werden besondere Anforderungen an einen kompakten Aufbau sowie eine möglichst hohe Unempfindlichkeit gegen Schwingungen an eine solche Diagnostik gestellt, die einen stereoskopischen Aufbau für diese Aufgabe prädestiniert erscheinen lassen.

Dieser Beitrag stellt erste Aufnahmen und Ergebnisse einer speziell für den Einsatz auf Parabelflügen konzipierten Stereoskopie-Einheit vor. Das Hauptaugenmerk liegt hierbei auf der Feststellung der Tauglichkeit des entwickelten Systems für die gewünschten Untersuchungen sowie dem Test des Rekonstruktionsalgorithmus und der Kalibrieremethode für die relativ komplexe Geometrie der Kameraanordnung.

Diese Arbeit wird gefördert durch das DLR unter 50WM0738.

P 11.19 Di 17:30 Foyer des IfP

Ionenakustische Wellen in staubigen Plasmen — ●IMKE GOERTZ, FRANKO GREINER und ALEXANDER PIEL — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität, D-24098 Kiel

In der Targetkammer einer Doppelplasmaanlage werden ionenakustische Wellen (IAW) mittels eines zusätzlich eingebrachten Doppelgitters angeregt. Die phasempfindliche Detektion der IAW wird mit einer axial verfahrenbaren Langmuirsonde und einer Interferometertechnik realisiert. In reinen Edelgasen stimmt die gemessene Dispersionsrelation mit der Fluidtheorie überein. Es werden Untersuchungen über den Einfluss von Staubpartikeln auf die Ausbreitungsgeschwindigkeit der IAW vorgestellt. Um diesen Einfluss zu studieren, wurde ein Verfahren entwickelt, das es ermöglicht die Staubdichte in weiten Bereichen zu variieren. Abhängig von der Staubmenge handelt es sich um Staub in einem Plasma (Havnes-Parameter: $P > 1$) oder um ein staubiges Plasma ($P < 1$). Nur im $P < 1$ -Regime binden die Staubpartikel freie Elektronen und reduzieren damit tatsächlich die Elektronendichte ($n_e \neq n_i$), dies führt zu einer Erhöhung der Phasengeschwindigkeit

von IAW. Mit dem beschriebenen Aufbau werden systematische Messungen durchgeführt, um den Einfluss der Staubkonzentrationen auf die Ausbreitungsgeschwindigkeit der IAW zu untersuchen.

P 11.20 Di 17:30 Foyer des IfP

Experimente zur Kontaktaufladung von Mikropartikeln — ●THOMAS TROTTEBERG und HOLGER KERSTEN — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, D-24098 Kiel

Die elektrische Aufladung von Mikropartikeln in Plasmen ist einer der fundamentalen Vorgänge in staubigen Plasmen. Die Ladung wird in diesem Fall durch das Floatingpotential des Teilchens bestimmt, das einigen wenigen Elektronentemperaturen ($-k_B T_e/e$) entspricht. Daher liegen die Oberflächenpotentiale in der Größenordnung von -10 V, und die Ladungen betragen oft nicht mehr als 3000 Elektronen je Mikrometer des Durchmessers. In Anwendungen, bei denen Mikropartikel elektrostatisch beschleunigt werden sollen, ist man aber an möglichst hohen Partikelladungen interessiert. Beispiele hierfür sind Experimente zur Simulation von Mikrometeoriten [1] und eine mögliche Verwendung von Mikropartikeln zum Antrieb im Weltraum [2]. Ladungsbegrenzende Mechanismen wie Elektronenfeldemission und Feldverdampfung setzen erst ein, wenn sich bis zu zwei Zehnerpotenzen mehr Ladungen auf den Partikeln befinden als bei der Aufladung im Plasma. Eine bekannte Methode, solch hohe Ladungen zu erreichen, ist die Kontaktaufladung mit Hochspannungen von mehreren 10 kV. Dieser Beitrag präsentiert erste Ergebnisse unserer Experimente zur Kontaktaufladung von leitfähigen Mikropartikeln an feinen Elektroden mit verschiedenen Geometrien.

[1] Stübig et al., Planet. Space Sci. 49, 853 (2001)

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

P 11.21 Di 17:30 Foyer des IfP

Generation of Si:C:N particles in plasma — ●ANGELO CONSOLI, MAX ZIMMERMANN, and ACHIM VON KEUDELL — Center for Plasma Science and Technology, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum

Dust particles are inherently formed in many reactive plasmas using various source gases such as acetylene or silane. Especially the formation of multi-compound particles is of great interest in many research fields. This work focuses on the formation of Si:C:N particles in $\text{SiH}_4/\text{C}_2\text{H}_2/\text{NH}_3$ plasma, which cannot be produced in standard chemical equilibrium processes. Si:C:N particles show good physical characteristics, such as high hardness, and high oxidation and corrosion resistance. For example, they may serve as quantum dots or as carriers for nanodisperse catalysts. However, the $\text{SiH}_4/\text{C}_2\text{H}_2/\text{NH}_3$ plasma has to be well understood to be able to control the particle production and composition. The aim of this work is to find the right precursor gas mixture to induce Si:C:N particle growth and to tailor the particles characteristics such as particle diameter and particle composition in a controlled way by optimizing plasma composition and plasma properties. The plasma composition is followed by time resolved molecular beam mass spectrometry and allows us to study the plasma chemistry during the initial stage of dust formation. Particles are extracted from the plasma volume by means of electric fields and studied ex-situ. AFM is used to determine their size and distribution. The optical properties of these particles are studied by photoluminescence measurements.

P 11.22 Di 17:30 Foyer des IfP

Particles and thin films deposited by Ar/C₂H₂ and Ar/CH₄ plasmas — ●HOANG TUNG DO¹, ROBERT BOGDANOWICZ², VLADIMIR DANILOV¹, JÜRGEN MEICHSNER¹, MARCIN GNYBA², and RAINER HIPPLER¹ — ¹Institute of Physics, University of Greifswald, D-17487 Greifswald, Germany — ²Department of Optoelectronics and Electronic Systems, Gdansk University of Technology, PL-80952 Gdansk, Poland

Particles and thin films have been deposited by Ar/C₂H₂ and Ar/CH₄ plasmas under various conditions. The development of plasma was monitored by tunable diode laser absorption spectroscopy via the time evolution of argon metastable density. The films were analysed by different methods: Fourier transform infrared spectroscopy, Raman spectroscopy and spectroscopic ellipsometry. The results will be compared and discussed.

P 12: Hauptvorträge Franke, Bronold

Zeit: Mittwoch 11:10–12:10

Raum: HS Biochemie (groß)

Hauptvortrag P 12.1 Mi 11:10 HS Biochemie (groß)
Plasmalichtquellen. Physik und Anwendung — ●STEFFEN FRANKE — INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald, Germany

Der Einsatz von Plasmalichtquellen trägt seit vielen Jahren erheblich zur Einsparung von Energie bei, die in Westeuropa für Beleuchtung aufgewendet wird. Die Forschung an Gasentladungslampen hat ihnen dabei immer mehr Anwendungsbereiche erschlossen.

Der Vortrag gibt einen Überblick über verschiedene Typen von Entladungslampen und über die Physik, die ihnen zugrunde liegt. Anhand aktueller Ergebnisse wird der Bedarf zur Forschung an Plasmalichtquellen verdeutlicht.

Die physikalischen Fragestellungen stehen in Wechselwirkung mit der Anwendung der Lampen. Ein grundlegendes Verständnis der Wirkung von Licht auf den Menschen ist daher Voraussetzung für eine anwendungsorientierte Forschung. In den letzten Jahren hat neben der energie-effizienten Lichterzeugung zur Gewährleistung der Schaufgaben die nicht-visuelle, biologische Wirkung an Beachtung gewonnen und soll in dem Vortrag kommentiert werden.

Hauptvortrag P 12.2 Mi 11:40 HS Biochemie (groß)

A surface-physics inspired model for particle charging in plasmas — ●FRANZ XAVER BRONOLD¹, HOLGER FEHSKE¹, HANS DEUTSCH¹, and HOLGER KERSTEN² — ¹Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald — ²Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Dust particles in a plasma (internal plasma boundaries) are usually negatively charged. They accumulate electrons more efficiently than ions. We propose a microscopic, surface-physics inspired model for charging and shielding of a grain in a plasma which no longer treats the microsphere as a perfect absorber for electrons and ions [1]. Instead, the grain gives rise to external surface states whose temporal occupancies may be characterized by sticking coefficients and residence times. Within our approach the charge of the grain is given by the number of electrons bound in the polarization-induced short-range part of the grain potential. Ions, on the other hand, we expect to be trapped in the shallow states of the long-range Coulomb potential. Hence, they primarily act as screening charges. Using the particle temperature as an adjustable parameter, orbital motion limited electron charging fluxes, and Bohm limited ion charging fluxes, we obtain excellent agreement with experimentally measured grain charges.

[1] F.X. Bronold et al., Phys. Rev. Lett. 101, 175002 (2008).

P 13: Magnetischer Einschluss I

Zeit: Mittwoch 13:30–15:30

Raum: INP-Staffelgeschoß

P 13.1 Mi 13:30 INP-Staffelgeschoß
WEGA - ein klassischer Stellarator für die Grundlagenforschung — ●M. OTTE, D. ANDRUCZYK, H.P. LAQUA, O. LISCHTSCHENKO, S. MARSEN, T. STANGE, Y. PODOBA, F. WAGNER und D. ZHANG — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, TI Greifswald, EURATOM Association, Wendelsteinstraße 1, 17491 Greifswald, Deutschland

WEGA ist ein klassischer Stellarator der sowohl für die Ausbildung wissenschaftlichen Nachwuchses als auch für die Grundlagenforschung und Vorbereitungen für das sich im Aufbau befindende Experiment Wendelstein 7-X genutzt wird. Es wird ein Überblick über die wichtigsten Ergebnisse und zukünftige Aktivitäten gegeben. Das Experiment ist sehr flexibel hinsichtlich der magnetischen Konfiguration, der Heizung der Plasmen durch Mikrowellen und Induktion, der angewandten Diagnostiken sowie der vergleichsweise langen Experimentierzeit. Die erreichbaren Plasmaparameter liegen für die Elektronendichte im Bereich von $0.1 - 2 \times 10^{19} \text{ m}^{-3}$ und für die Elektronentemperatur von bis zu einigen 10 eV und sind mit der Randschicht eines fusionsrelevanten Experiments vergleichbar. Gegenwärtige Forschungsschwerpunkte liegen in Untersuchungen zu neuen Mikrowellenheizverfahren, die auf Anregung von elektrostatischen Wellen beruhen und deren Wechselwirkung mit dem Plasma. Weitere Schwerpunkte sind Untersuchungen zur Turbulenz in der Plasmarandschicht, insbesondere im Bereich magnetischer Inseln, sowie der Integration weiterer kontaktloser Diagnostiken. In Vorbereitung für Wendelstein 7-X wurden deren neuartige und dauerstrichfähige Maschinensteuerung sowie einige Diagnostiken an WEGA implementiert und werden nunmehr getestet.

P 13.2 Mi 13:45 INP-Staffelgeschoß
Langreichweitige Korrelationen in TJ-K — ●PETER MANZ, MIRKO RAMISCH und ULRICH STROTH — Insitut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart

Der Einschluss von Fusionsplasmen wird hauptsächlich durch den turbulenten Transport beschränkt. Es wird angenommen, dass sich der Übergang zu einem Regime verbesserten Einschlusses (L-H-Übergang) hauptsächlich auf Zonalströmungen zurückführen lässt. Mit Zonalströmungen gehen langreichweite Korrelationen auf einer gesamten Flussfläche im Potential einher.

Langreichweitige Korrelationen in Potential- und Dichtefluktuationen wurden auf einer Flussfläche im Torsatron TJ-K untersucht. Den Schwerpunkt der Untersuchung bildet die Ermittlung der poloidalen Modenstruktur der hierfür verantwortlichen Moden. Zur Messung wurde ein poloidaler Sondenkranz, bestehend aus 128 Langmuir-Sonden verteilt auf vier Flussflächen, verwandt. Eine poloidale Scherströmung

wird durch Plasmabiassing generiert. Dabei wurden starke langreichweitige Korrelationen in Potential- sowie in Dichtefluktuationen beobachtet. Großskalige kohärente Strukturen dominieren das Spektrum der Dichtefluktuationen. Demgegenüber werden die langreichweitigen Korrelationen im Potential bei niedrigen Frequenzen auf der gesamten Flussfläche verstärkt. Diese Moden zeigen Eigenschaften von Zonalströmungen.

P 13.3 Mi 14:00 INP-Staffelgeschoß
Experimentelle und numerische Studien zur Plasmaheizung mit Mikrowellen im Torsatron TJ-K — ●ALF KÖHN, GREGOR BIRKENMEIER, PETER DIEZ, HENDRIK HÖHNLE, EBERHARD HOLZHAUER, MIRKO RAMISCH und ULRICH STROTH — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart

Im Torsatron TJ-K können Niedertemperaturplasmen mit Elektronentemperaturen von maximal 20 eV und Dichten von 10^{18} m^{-3} erzeugt werden. Dazu stehen zwei Mikrowellenquellen bei 2.45 und 8 GHz zur Verfügung. Elektronentemperaturprofile deuten bei 2.45 GHz auf eine Leistungsdeposition an der oberen Hybrid-Resonanz am Plasmarand hin. Weiterhin wurde dort eine Überhöhung des elektrischen Feldes der eingestrahlten Welle gemessen. Diese Überhöhung konnte mit dem Wellencode IPF-FDMC bestätigt werden.

Messungen an mit 8 GHz erzeugten Plasmen deuten auf eine erhöhte Leistungsdeposition im Zentrum hin. Eine mögliche Erklärung dafür stellt die Konversion der eingestrahlten Mikrowelle in eine Elektron-Bernsteinwelle (EBW) dar, die an der Zyklotronresonanz absorbiert werden kann. Der Entstehungsprozess der EBW wurde mit IPF-FDMC untersucht. Dabei zeigte sich, dass die Konversion der eingestrahlten Welle stark von der Anpassung der Wellenfront an die Konversions-schicht abhängt.

Bei der 8 GHz entsprechenden resonanten Magnetfeldstärke findet zudem nicht-resonante Heizung durch 2.45 GHz statt. Erste Ergebnisse werden diskutiert.

P 13.4 Mi 14:15 INP-Staffelgeschoß
Radiation Effects During Disruptions in ASDEX Upgrade — ●BERNHARD REITER, GABRIELLA PAUTASSO, THOMAS EICH, ALBRECHT HERRMANN, MARC MARASCHEK, ASHER FLAWS, TILMAN LUNT, PASCAL DE MARNE, and THE ASDEX UPGRADE TEAM — Max-Planck-Institut fuer Plasmaphysik, EURATOM-Association IPP, D-85748 Garching, Germany

The heat load to plasma facing components caused by disruptions is a serious challenge for next step devices like ITER. In ASDEX Upgrade, the commissioning of a broad-band radiation diagnostic (XVR), which

samples AXUV diode signals with microsecond time resolution, was finished in 2008. The lines of sight arrangement allows for 2-D radiation pattern reconstruction, which provides insight into radiation features of the different disruption phases. Analysis of disruption mitigation experiments show the puffed neon and helium surrounding the core in the form of radiating layers during the thermal quench phase. Radiation from the center appears later on in the disruption, during quenching of the plasma current. These radiation features are additionally investigated by utilising a fast imaging camera, which is equipped with band-pass filters for visible emission lines of injected species.

Studies of toroidal asymmetry of radiation power and poloidal localisation of radiative load to plasma facing components in various kinds of disruptions are carried out with XVR. In order to evaluate the amount of power deposition by conduction, the radiated fraction is deduced from the total power flux, which is measured by thermography cameras.

P 13.5 Mi 14:30 INP-Staffelgeschoß

Self Consistent Interaction between Magnetic Islands and Turbulence in Large Tokamaks — ●BRUCE SCOTT — Max-Planck-IPP, Euratom Association, Garching, Germany

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 gradient of the toroidal current density tends to drive magnetic islands through the tearing mode mechanism, while toroidal compressibility effects (geodesic curvature) is stabilising. Islands are also perturbed by the turbulence. The island structure is found to impose itself only if the associated island current is larger in amplitude than the turbulent current fluctuations. This effectively gives a threshold island width for visible activity. The role of temperature gradients of both ions and electrons in this process is under investigation.

P 13.6 Mi 14:45 INP-Staffelgeschoß

What sets the residual transport in H-mode barriers? — ●FRANK JENKO — IPP Garching

One of the key questions for the success of the ITER project is the quality of the edge confinement. At present, there is not yet a self-consistent theoretical description of the L-H transition. However, gyrokinetic simulations have reached a level of maturity which allow them to address important open issues, thus contributing to a more complete understanding of this phenomenon. Employing the gyrokinetic turbulence code GENE (www.ipp.mpg.de/~fsj/gene), we have studied the behavior of the turbulence under H-mode edge conditions. Here, the physics model is quite comprehensive (e.g., magnetic trapping, magnetic field fluctuations, and collisions are all included), and the required geometric data is inferred directly from MHD equilibria. The relevant microinstabilities are identified, and their (unusual) linear as well as nonlinear properties are characterized. Our results are in line with the experimentally measured properties of the residual electron heat transport in the H-mode edge.

P 13.7 Mi 15:00 INP-Staffelgeschoß

Untersuchungen der Randschichtstruktur unter dem Einfluss von rotierenden resonanten magnetischen Störfeldern an TEXTOR-DED — ●H. STOSCHUS, S. BOZHENKOV, H. FRERICHS, U. KRUEZI, U. SAMM, D. SCHEGA, O. SCHMITZ, B. UNTERBERG und DAS TEXTOR TEAM — Institut für Energieforschung - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, Assoziation EURATOM-FZ-Jülich, Trilaterales Euregio Cluster, Jülich

Für zukünftige Fusionsreaktoren wie ITER sind externe resonante magnetische Störfelder (RMPs) eine Methode, um Randschichtinstabilitäten (ELMs) zu unterdrücken. Mit Hilfe des Dynamisch Ergodischen Divertors (DED) kann am Tokamak TEXTOR die Wirkung von magnetischen Störfeldstrukturen auf das Plasma und somit dessen Antwort auf RMPs untersucht werden. Der Beitrag fokussiert sich auf Untersuchungen der Plasmastruktur in der Plasmarandschicht ($r/a=0.8$) und deren Vergleich mit der berechneten Störfeldtopologie in der Vakuumnäherung. Hierzu wurden Elektronendichte n_e und -temperatur T_e mit Hilfe eines Helium-Überschallstrahls ($\Delta r = 2$ mm, $\Delta t = 40$ μ s) gemessen und Strukturen in der Plasmarandschicht mit einer CCD-Kamera ($f_s = 50$ kHz) visualisiert. Erste Experimente mit variabler Störfeldrichtung (± 1 kHz) und somit unterschiedlicher relativer Rotationsfrequenz zeigen einen Unterschied in der Phase zwischen n_e und T_e , was auf eine unterschiedliche Ausprägung der Plasmastruktur schließen lässt. Weiterhin werden die Dimensionen einer rotierenden 3/1 Insel, gemessen mit der CCD Kamera, mit der Vakuumtopologie verglichen.

P 13.8 Mi 15:15 INP-Staffelgeschoß

Experimentelle Untersuchung von Turbulenz im Bereich gestörter magnetischer Flussflächen — ●STEFAN MARSEN, MATTHIAS OTTE und FRIEDRICH WAGNER — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik TI Greifswald, EURATOM Assoziation, Wendelsteinstraße 1, 17491 Greifswald, Deutschland

Der magnetische Einschluss in Fusionsexperimenten basiert auf der Existenz ineinander geschachtelter toroidaler Flussflächen, die für das Plasma Isobare darstellen. Eine besondere Rolle nehmen Flächen mit rationalen Werten der Rotationstransformation ein. Diese sind besonders empfindlich gegen resonante Störfelder, die als Konsequenz zur Ausbildung sogenannter magnetischer Inseln führen können. Inseln stellen für das Plasma einen radialen Kurzschluss dar, d.h. es wird eine Abflachung des Druckgradienten erwartet. Unklar ist, wie sich Turbulenz, die den radialen Transport am Plasmarand dominiert, im Bereich von Inseln ausbildet. Am Stellarator WEGA können diese Inseln gezielt mittels durch zusätzliche Spulen erzeugter Störfelder manipuliert sowie deren Lage und Größe experimentell bestimmt werden. Erste Messungen mit Langmuirsonden im Bereich der Inseln zeigten eine Erhöhung der Fluktuationsamplituden sowie des damit verbundenen turbulenten Teilchenflusses in Abhängigkeit von der Inselgröße. Im Beitrag wird die Abhängigkeit dieses zunächst unerwarteten Effekts von Plasmaparametern, insbesondere der Störfeldgröße gezeigt. Neben elektrostatischen Fluktuationen wurden mit Hilfe induktiver Sonden magnetische Fluktuationen im Plasma gemessen.

P 14: Plasma-Wand-Wechselwirkung

Zeit: Mittwoch 15:50–17:45

Raum: INP-Staffelgeschoß

Fachvortrag

P 14.1 Mi 15:50 INP-Staffelgeschoß

Untersuchung von wasserstoffhaltigen Wolframschichten auf Limitern in TEXTOR — ●FREDERIK NACHTRODT^{1,2}, SILVIA RICHTER², ALBRECHT POSPIESZCZYK¹, VOLKER PHILIPPS¹ und DAS TEXTOR TEAM¹ — ¹IEF-4 - Plasmaphysik, Assoziation EURATOM-FZJ, Trilaterales Euregio Cluster, D-52425 Jülich — ²Gemeinschaftslabor für Elektronenmikroskopie (GFE), RWTH Aachen, D-52074 Aachen

Wolfram ist wegen seines hohen Schmelzpunkts als Divertormaterial in ITER und zukünftigen Fusionsanlagen vorgesehen. Daher werden Wolfram beschichtete Kohlenstoffkomponenten (CFC) gegenwärtig in ASDEX-upgrade benutzt und sollen später auch in JET eingesetzt werden. In TEXTOR wurde eine neue in situ Beschichtungsmethode für Wolfram erprobt, bei der gasförmiges Wolframhexafluorid (WF₆) durch ein Loch in einem polierten Graphitlimiter ins Randschichtplasma injiziert wurde. Dadurch lagert sich auf der Oberfläche des Limiters eine amorphe wasserstoffhaltige Wolframschicht ab. Die Schich-

tscheidung erfolgt auch im erosionsdominierten Gebiet des Limiters. Zusammensetzung und Ausdehnung der teiltransparenten W-Schutzschicht wurden mittels Ionen- und Elektronenstrahlanalysen (SIMS, ESMA, RBS, NRA), Schichtdickenmessung (DEKTAK) und Farbringanalysen bestimmt. Die exponierte Wolframschicht enthält Deuterium, jedoch nur wenig Fluor. Die maximale Wolframbelegung in der Nähe des Einblasloches ist etwa $1,6 \cdot 10^{17} \text{ W/cm}^2$. Die lokale Depositionseffizienz integriert über die Oberfläche des Limiters von etwa 50 cm^2 bleibt unter 1%.

P 14.2 Mi 16:15 INP-Staffelgeschoß

Wasserstoffrecycling und Transport im helikalen Divertor des Tokamaks TEXTOR — ●M. CLEVER¹, S. BREZINSEK¹, M. W. JAKUBOWSKI², M. LEHNEN¹, A. POSPIESZCZYK¹, U. SAMM¹, O. SCHMITZ¹, B. SCHWEER¹, B. UNTERBERG¹ und DAS TEXTOR TEAM¹ — ¹Institut für Energieforschung - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, EURATOM Association, Trilateral Euregio Cluster,

Jülich, Germany — ²MPI für Plasmaphysik, EURATOM Association, Greifswald, Germany

Am Tokamak TEXTOR wird der Dynamische Ergodische Divertor (DED) verwendet, um gezielt die Wärme- und Teilchenabfuhr aus dem Plasma zu beeinflussen. Das Verständnis der physikalischen Eigenschaften eines solchen durch das Störfeld des DED induzierten Divertors wie Wasserstoffrecycling, Detachment und das Abschirmen von Verunreinigungen bei verschiedenen Plasmaszenarien ist Gegenstand der hier präsentierten Untersuchungen. Dazu werden die Divertortargetplatten spektroskopisch mit Hilfe eines Multikanal-Kameradetektionssystems mit Interferenzfiltern beobachtet. Bei der Untersuchung von Hoch-Dichte-Szenarien durch Hochrampen der Plasmadichte mittels starken Deuteriumblasens bei gleichzeitiger Aufnahme der Lichtemission verschiedener Balmerlinien am DED Target konnte das Detachment Regime nachgewiesen werden. Dabei wurde das Ablösen (detachen) des Plasmas von der Targetplatte an den erwarteten Divertorauffreffpunkten beobachtet. Messungen in den Basismodenkonfigurationen 3/1 und 6/2 des DED, gekennzeichnet durch verschieden große Divertorvolumina, werden verglichen.

P 14.3 Mi 16:30 INP-Staffelgeschoß

Simulation of hydrocarbon injection through graphite and tungsten test limiters in TEXTOR using ERO-SDTrimSP — ●R. DING^{1,2}, A. KIRSCHNER¹, D. BORODIN¹, S. BREZINSEK¹, J. CHEN², A. KRETER¹, O. SCHMITZ¹, V. PHILIPPS¹, U. SAMM¹, and THE TEXTOR TEAM¹ — ¹Institut für Energieforschung - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, Association EURATOM-FZJ, Trilateral Euregio Cluster, D-52425 Jülich, Germany — ²Institute of Plasma Physics, Chinese Academy of Sciences, Hefei, P.R.China

Tungsten and carbon fiber composite (CFC) are foreseen as plasma facing components (PFCs) for the divertor region of ITER. One important issue is the redeposition of carbon, which is connected with the codeposition of fuel, and involved material mixing effects. The 3D Monte-Carlo code ERO simulates surface erosion, impurity transport and deposition using a given background plasma. It has been coupled with the Monte-Carlo code SDTrimSP to simulate material mixing processes on PFCs more precisely. Recently, the reaction chain of the ethane family has been implemented into ERO. Experiments were carried out at TEXTOR in which well defined amounts of ¹³CH₄ and ¹³C₂H₄ were injected into the plasma through a hole in spherically shaped graphite and tungsten test limiters. The carbon ¹³C deposition efficiency on the test limiters was determined by post mortem analysis (about 0.8-2.1% relative to amount of injected ¹³C atoms). The ¹³C deposition pattern and efficiency are well reproduced by modelling if an enhanced erosion of deposited carbon is assumed. Detailed comparison between modelling and experimental results will be presented.

P 14.4 Mi 16:45 INP-Staffelgeschoß

Charakterisierung eines ECR-Plasmas mit DC- und HF-Bias zur Untersuchung von PWW-Prozessen — ●ARMIN MANHARD und THOMAS SCHWARZ-SELINGER — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Boltzmannstr. 2, 85748 Garching

Wichtige Kenngrößen für Materialien für die erste Wand in Fusionsexperimenten sind ihre Erosion durch das Plasma und ihre Fähigkeit implantierten Wasserstoff zurückzuhalten. Im Niedertemperatur-Plasmaexperiment PlaQ werden hierzu grundlegende Experimente durchgeführt. Dafür werden aus einem ECR-Plasma mittels DC- oder HF-Bias von bis zu 600 V Ionen auf Materialproben beschleunigt. Das Plasma ist dabei räumlich von der Probe getrennt. Für quantitative Untersuchungen ist eine genaue Kenntnis des Teilchenspektrums, denen die Proben ausgesetzt sind, notwendig. Der Ionenfluss auf die Probe und dessen Energieverteilung wird mit einem elektrostatischen Gegenfeldanalysator gemessen. Mit einem Plasmamonitor werden Fluss und Speziesverteilung von Ionen und Neutralteilchen gemessen. Zudem wird optische Emissionsspektroskopie zur Charakterisierung des ECR-Plasmas eingesetzt. Ferner werden spektroskopische Messungen direkt oberhalb der Probe mit den durch die Teilchendetektoren gemessenen Flüssen in Verbindung gesetzt. Teilchenflüsse sowie Spezies- und Energieverteilungen werden als Funktion der Mikrowellenleistung des ECR-Plasmas und der Beschleunigungsspannung an der Probe gezeigt.

P 14.5 Mi 17:00 INP-Staffelgeschoß

Investigation of influence of surface erosion on optical prop-

erties of diagnostic mirrors for ITER — ●MARIA MATVEEVA¹, ANDREY LITNOVSKY¹, LORAN MAROT², MARKO SCHÄFER¹, ALBRECHT POSPIESZCZYK¹, and BERND SCHWEER¹ — ¹Institut für Energieforschung - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, Association EURATOM-FZJ, Trilateral Euregio Cluster, Jülich — ²Department of Physics, University of Basel, Basel

All optical diagnostics of ITER fusion reactor will use metallic mirrors as first plasma-viewing elements. Erosion of the mirror surface and deposition of impurities on it strongly decreases the lifetime of these mirrors. Both processes change drastically optical properties of mirrors and, in particular, the reflectivity. That will have an impact on the quality and reliability of detected signals used by respective diagnostic systems. To investigate different candidate materials for ITER mirrors under erosion conditions, an experiment with 3 different mirrors was carried out in TEXTOR tokamak. Single crystal molybdenum (Mo) mirror and two mirrors with molybdenum and rhodium coatings of Mo substrate obtained by evaporation technique were used for the exposure in SOL plasma under erosion-dominated conditions. Results of the experiment including a detailed optical characterization of all mirrors before and after exposure will be presented in this contribution.

P 14.6 Mi 17:15 INP-Staffelgeschoß

Untersuchung der Reinigung diagnostischer Spiegel in zukünftigen Fusionsreaktoren mittels eines Elektron-Zyklotron-Resonanz geheizten Plasmas — ●MARKO SCHÄFER^{1,2}, ANDREY LITNOVSKY¹, MARIA MATVEEVA¹, VOLKER PHILLIPS¹ und ULRICH SAMM¹ — ¹Institut für Energieforschung - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, Assoziation EURATOM-FZ-Jülich, Trilaterales Euregio Cluster, Jülich — ²Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

In zukünftigen Fusionsreaktoren wie ITER werden metallische Spiegel für alle optischen Diagnostiken eingesetzt. Dabei kann es in Fusionsanlagen mit Kohlenstoffwandkomponenten zur Abscheidung eines amorphen Kohlenwasserstofffilms auf der Oberfläche kommen, der die optischen Eigenschaften der Spiegel stark mindert.

Eine Möglichkeit zur Reinigung ist die Exposition in einem Elektron-Zyklotron-Resonanz geheizten Plasma. Angewandt wurde die Methode bereits an Spiegeln, die in den Tokamaks TEXTOR und DIII-D exponiert wurden. Ein Vergleich der Reflektivität vor und nach der Reinigung deutet darauf hin, dass der DIII-D-Spiegel vollständig von amorphen Kohlenwasserstoffverbindungen gereinigt werden konnte. Die Reflektivität der TEXTOR-Spiegel konnte zwar wieder erhöht werden, bleibt aber noch hinter dem ursprünglichen Wert zurück. Dies ist möglicher Weise auf verbliebene Oxide und Carbide zurückzuführen. Weitere Untersuchungen werden zeigen, ob die angewandte Methode eine vollständige Reinigung dieser Spiegel erlaubt.

P 14.7 Mi 17:30 INP-Staffelgeschoß

Modelling of material deposition in gaps of castellated surfaces in fusion experiments — ●D. MATVEEV^{1,2}, A. KIRSCHNER¹, D. BORODIN¹, A. LITNOVSKY¹, V. PHILIPPS¹, and G. VAN OOST² — ¹Institut für Energieforschung - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, Association EURATOM-FZJ, Trilateral Euregio Cluster, Jülich — ²Department of Applied Physics, Ghent University

Tritium co-deposition and retention are critical issues for ITER. Experiments show that fuel-rich carbon layers are formed on plasma shadowed areas and especially in narrow gaps between tiles of castellated surfaces. Most of proposed T-removal techniques are not able to access these gap areas. Therefore, understanding of physical phenomena underlying impurity deposition inside gaps is of crucial importance. Experiments with ITER-like castellated limiters performed at TEXTOR show not only side surfaces but also the gap bottom to accumulate significant carbon deposits. A 3D Monte-Carlo code (3DGAP) has been developed as a part of modelling activities for these experiments. The code is based on simulation of neutral particle transport inside a gap. Different sources of incoming particles, particle reflection from side walls of the gap, elastic neutral collisions and chemical erosion of carbon layers can be studied. The role of these factors has been investigated with respect to carbon deposition inside gaps. It has been shown that modelled carbon deposition profiles agree with experimental observations for side surfaces of the gap, while some discrepancies have been found for the gap bottom. A detailed analysis of modelling results will be presented in this contribution.

P 15: Poster: Diagnostik

Zeit: Mittwoch 17:30–19:30

Raum: Foyer des IfP

P 15.1 Mi 17:30 Foyer des IfP

Simulation von Doppler-Reflektometrie in turbulenten Plasmen — ●CARSTEN LECHTE¹, GARRARD CONWAY² und ULRICH STROTH¹ — ¹Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Garching

Doppler-Reflektometrie ist eine Mikrowellendiagnostik zur Messung von Dichtefluktuationen und Flussgeschwindigkeiten im Plasma. Die Welle wird schräg zum Dichtegradienten eingestrahlt, an den Dichtefluktuationen nahe der Cutoff-Schicht gestreut und dopplerverschoben.

In Plasmen mit Dichtefluktuationen wird die rückgestreute Leistung nicht allein von der Fluktuationsstärke am Cutoff bestimmt, sondern auch von Einfallswinkel, Dichtegradientenlänge und Streuung auf dem gesamten optischen Pfad. In Anwesenheit starker Fluktuationen wird der Prozess außerdem durch Dispersion und Mehrfachstreuung nichtlinear, so dass quantitative Untersuchungen nur mit Hilfe von 2D- oder 3D-Simulationen der Maxwell-Gleichungen im Plasma möglich sind.

Mit dem Finite-Differenzen-Code IPF-FD3D wird die Abhängigkeit der reflektierten Leistung von den Plasmaverhältnissen untersucht und auf ein experimentelles Wellenzahlspektrum der Dichtefluktuationsstärke an ASDEX-Upgrade angewandt.

P 15.2 Mi 17:30 Foyer des IfP

Effect and Correction of Jitter for Thermographic Diagnostics at ASDEX Upgrade — ●PASCAL DE MARNÉ, ALBRECHT HERMANN, and THE ASDEX UPGRADE TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Garching, Deutschland

At ASDEX Upgrade different one- and two-dimensional thermographic systems are used for contactless temperature measurements of different parts of the vessel, as for example the lower divertor. The power deposition on the monitored parts is calculated from the time evolution of the measured surface temperature. For correct heat load results it is necessary that always the same area is imaged on a pixel, otherwise the temperature evolution of different locations is used for the heat load calculation. This results in heat load artifacts in particular for regions with strong lateral temperature gradients.

Even for normal operation conditions, the recorded temperature data is affected by jitter, for example due to vessel vibrations. During disruptions with its strong forces onto the vessel, the jitter is significantly stronger. Also planned movements like strokes of reciprocating probes can be treated as a kind of jitter regarding power deposition calculations. Since the causes of the jitter cannot be avoided, it is necessary to correct the recorded temperature data before calculating the power deposition. Correlation analysis based algorithms for a jitter correction in the subpixel range have been implemented for the diagnostics at ASDEX Upgrade. For the one-dimensional data the correction can be done fully automated whereas for the two-dimensional cameras a minor user input is necessary.

P 15.3 Mi 17:30 Foyer des IfP

Bestimmung von Zeff-Profilen an ASDEX Upgrade mit integrierter Datenanalyse — ●SYLVIA RATHGEBER, RAINER FISCHER, HANS MEISTER, COSTANZA MAGGI und ASDEX UPGRADE TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, Boltzmannstrasse 2, D-85748 Garching

Eine der wichtigsten Eigenschaften des Plasmas, deren Kenntnis für den Betrieb eines Kernfusionsreaktors erforderlich ist, ist dessen Verunreinigung. Als Maß hierfür wird die effektive Ionenladung Z_{eff} angegeben. Die Grundlage zur Bestimmung von Z_{eff} stellen Messungen der Bremsstrahlung und spektroskopisch ermittelte Verunreinigungsdichten dar. Mit Hilfe einer integrierten Datenanalyse (IDA) werden die verschiedenen Diagnostiken kombiniert ausgewertet. IDA basiert auf einer Vorwärtsrechnung der Messsignale bei Vorgabe der Elektronendichte, -temperatur und Parametern für Z_{eff} , und einer ausführlichen Behandlung der Messunsicherheiten im Rahmen der Bayesschen Wahrscheinlichkeitstheorie. So werden mit IDA zum einen zuverlässigere Ergebnisse für Z_{eff} als bei der Auswertung einzelner Diagnostiken erzielt. Zum anderen redundante Informationen ausgenutzt um systematische Fehler einzelner Diagnostiken zu erkennen und zu beheben.

P 15.4 Mi 17:30 Foyer des IfP

Bestimmung der Elektronendichte im Divertor von ASDEX Upgrade mit Hilfe der Stark-Verbreiterung der Balmer-

Linien — ●STEFFEN POTZEL, RALPH DUX und DAS ASDEX UPGRADE TEAM — Max Planck Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Garching, Deutschland

Es soll eine neue Methode zur Bestimmung der Elektronendichte im Divertor von ASDEX Upgrade, basierend auf der Stark-Verbreiterung der Balmer-Linien, vorgestellt werden.

Dazu wurde ein theoretisches Linienprofil mit Hilfe der Tabellen von Stehlé, basierend auf dem Formalismus der Model Microfield Method (MMM), erstellt. Zeeman-, Doppler-Effekt und Verbreiterung auf Grund des Spektrometers wurden ebenfalls berücksichtigt. Dieses Profil wurde schließlich mit einer 'least-square-fit'-Routine an die gemessenen Daten angefitet.

Mit dem Spektrometer können elf Sichtlinien gleichzeitig gemessen werden, was eine linienintegrierte Messung der poloidalen Verteilung der Elektronendichte ermöglicht. Die erreichbare Zeitauflösung beträgt 4ms. Bei Messung nur einer Sichtlinie kann eine ELM-aufgelöste Messung mit einer Aufnahmezeit von 200µs erreicht werden.

Messungen im äußeren Divertor bei niedrigen Dichten zeigten gute Übereinstimmung mit den Langmuir-Proben. Bei hohen Dichten ergaben sich Abweichungen auf Grund von Reflexion von Strahlung aus dem inneren Divertor an den Wolfram Kacheln.

P 15.5 Mi 17:30 Foyer des IfP

Development of a Monte-Carlo code to understand the ASDEX pressure gauge performance — ●PIERRE SAUTER, ANDREA SCARABOSIO, and GÜNTER HAAS — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, Boltzmannstrasse 2, D-85748 Garching

The APG (ASDEX pressure gauge) is an ionisation pressure gauge specifically designed to work in the presence of magnetic fields and is used in many tokamak experiments to measure the neutral particle density. However, important features such as a 10-fold sensitivity enhancement in strong magnetic field and early saturation of the measurement signal above 10 Pa were not completely understood.

To gain more insight into the underlying physical processes and support optimization efforts, we have developed a Monte-Carlo code, whose main characteristics and results are presented in this work. It incorporates a realistic geometry and electric field model and stochastically simulates collisions between electrons and the neutral gas. Processes neglected are interactions of charged particles with each other and the surfaces of the gauge.

The simulation qualitatively reproduces the experimental performance of the APG, especially sensitivity enhancement and early saturation in strong magnetic field. The reasons for these properties are now much clearer and optimizations of the APG geometry can be tested with the code.

P 15.6 Mi 17:30 Foyer des IfP

A diagnostic supersonic helium beam for 28 GHz ECRH operation on WEGA — ●DANIEL ANDRUCZYK, MACIEJ KRYCHOWIAK, MATTHIAS OTTE, and ERIC MÜLLER — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Teilinstitut Greifswald, EURATOM Association, Wendelsteinstr. 1, 17491 Greifswald, Germany

Recently a 10 kW, 28 GHz electron cyclotron resonant microwave heating system has been installed and used on WEGA. Using electrostatic Bernstein wave heating via a mode conversion process, the temperature achieved is beyond a few 10 eV and the density between $10^{18} - 10^{19} m^{-3}$. A diagnostic Supersonic helium beam (SHeB), in conjunction with a collisional radiative model (CRM), has been developed to provide a non-intrusive method of measuring the electron density and temperature in the plasma. The beam is excited by the electrons in the plasma and the emission of certain wavelengths, together with a line ratio technique, used to determine the plasma parameters. Since the excitation is done by the plasma the emission is a direct measurement of the plasma parameters. A nozzle-skimmer design has been used to produce a thin (20 mm width at plasma centre) beam for good spatial resolution together with a 10 channel photo-multiplier and optical fibre system to measure the parameters radially through the plasma. The SHeB will be used to acquire information for high temperature and density argon and hydrogen plasmas. This poster will give an overview of the beam development and the first measurements to come from it.

P 15.7 Mi 17:30 Foyer des IfP

A maximum entropy based Abel inversion for bolometer measurements on WEGA — •DAIHONG ZHANG, HEINRICH LAQUA, MATTHIAS OTTE, LOUIS GIANNONE, and STEFAN MARSEN — Max-Planck-Institut fuer Plasmaphysik, Teilinstitut Greifswald, EURATOM Association, Wendelsteinstr.1, 17491 Greifswald, Germany

Maximum-entropy based Abel inversion is applied for reconstructing the radial radiation profiles in the WEGA stellarator, where a multi-channel bolometer system is installed. The inversion procedure has been tested by forward calculations of presumed radiation profiles, taking the realistic geometries of the individual view channels into account. After exact reproduction of the input profiles, Gaussian-noise is added to the line-integrated signals of each channel, in order to check the sensitivity of the inverted results to errors in the raw signals. The contribution presents detailed results of this analysis.

The inversion method has been used for data processing of the WEGA bolometer system, which has become a standard diagnostic tool for measuring the radiation distributions. As, in the WEGA plasmas, the radiation is mainly contributed by the working gas itself, the radiation distribution reflects the profiles of the plasma parameters. Thus, the bolometer has the potential of providing additional information on the plasma pressure profile reflecting the power deposition of the ECR-heating. Recently, strongly peaked radiation profiles were observed in over-dense plasmas heated by electron Bernstein waves (EBWs). This is believed to be attributed to a centrally peaked power deposition of the EBWs heating. Results in this regard are discussed.

P 15.8 Mi 17:30 Foyer des IfP

Striations in BD microdischarges at atmospheric pressure in argon with admixtures — •HELGE GROSCH, TOMAS HODER, JAN SCHÄFER, CHRISTIAN WILKE, and RONNY BRANDENBURG — INP Greifswald e.V.; F.-Hausdorff-Str. 2; 17489 Greifswald

Barrier discharges (BD) have a broad spectrum of applications. Especially for surface treatment argon is a suitable carrier gas, but usually it is impurified by air when working in an open environment. There is little known about the development of BDs in such gas mixtures.

Microdischarges in a one-sided BD at atmospheric pressure between two semispherical electrodes are investigated. The gap between the electrodes is set around 1 mm and more. The carrier gas is argon with defined admixtures of nitrogen or synthetic air. The current and voltage are measured with an oscilloscope. A far field microscope, with magnification of about 300, is combined with an iCCD camera as the imaging method.

From our knowledge, for the first time striations similar as in positive column in low-pressure DC glow discharges has been observed in a BD microdischarge. Striations are observed in the discharge gap as well as on the dielectric electrode, if the metal electrode is the cathode. Recent investigations intend to stabilize the microdischarges in order to investigate them systematically.

P 15.9 Mi 17:30 Foyer des IfP

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

Die experimentelle Charakterisierung von Atmosphärendruck-Mikroplasmaen hat sich aufgrund des hohen Drucks und der kleinen Dimension als schwierig erwiesen. Deshalb ist auch bis heute die Plasmachemie von Mikroplasmaen nicht gut verstanden. Als mögliche Mikroplasma-Diagnostik bietet sich Molekularstrahl-Massenspektrometrie an, da hiermit direkt ein Großteil der vorhandenen Teilchen inkl. Radikale gemessen werden kann. Aufgrund des benötigten niedrigen Drucks im Massenspektrometer muss man jedoch mehrere Pumpstufen verwenden und dafür sorgen, dass der Molekularstrahl nicht durch Stöße gestört wird. Dies limitiert insbesondere die Größe der Einlassblende und damit die Teilchendichte im Molekularstrahl.

Hier wird ein neuartiges Molekularstrahl-Massenspektrometrie Design vorgestellt, bei dem die Einlassblende als ein Ventil zu dem Pumpsystem fungiert. Dies wurde realisiert mit Hilfe eines rotierenden Skimmers als Chopper, der sich in der ersten Stufe befindet und die Einlassblende periodisch verschließt. Somit lässt sich der Hintergrunddruck selbst mit einer größeren Einlassblende deutlich reduzieren.

Ein Signal-Hintergrund-Verhältnis bis zu 15 und eine Nachweisgrenze von 0,6 ppm wurden damit erreicht. Außerdem wurde ein He/O₂ Mikroplasmajet untersucht, wobei atomarer Sauerstoff im Effluenten des Jets detektiert werden konnte.

P 15.10 Mi 17:30 Foyer des IfP

Spatio-temporally resolved investigation of one-sided BD microdischarges — •TOMAS HODER, RONNY BRANDENBURG, RALF BASNER, and KLAUS-DIETER WELTMANN — INP Greifswald e.V.; F.-Hausdorff-Str. 2; 17489 Greifswald

Microdischarges in a so-called "one-sided volume" barrier discharge (BD) in ambient air at atmospheric pressure have been investigated by means of cross-correlation spectroscopy and intensified high-speed CCD camera. The cross-correlation spectroscopy is also known as time-correlated single photon counting technique. The temporal resolution of presented measurements was 10 ps. Emission of the molecular bands of the first negative and second positive system of nitrogen has been recorded with high spatial resolution of 10 μm . Therefore, discharge events that occur very close to the metal electrode edge were resolved. In particular, at the metal cathode a relative long lasting emission just after the impact of the cathode directed ionizing wave was observed. This phenomenon was already pointed out in numerical modeling results and referred to as a transient cathode fall with thickness of some μm . The intensified CCD camera pictures revealed spatially 2D resolved structure of microdischarges reminding to glow discharges.

The mechanism and development of one-sided barrier microdischarges was found to be very similar to that of in so-called "two-sided volume" BD. The influence of the presence of the metal surface in the discharge system is discussed.

P 15.11 Mi 17:30 Foyer des IfP

Anregungsdynamik von mikrostrukturierten Atmosphärendruck-Plasma-Arrays — •HENRIK BOETTNER, VOLKER SCHULZ - VON DER GATHEN und JÖRG WINTER — Institut für Experimentalphysik II, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum, Germany

Mikrostrukturierte Atmosphärendruck-Plasma-Arrays bieten eine Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten, z.B. als UV-Quelle, optoelektronisches Bauelement oder Radikalenquelle. Aufgrund des begrenzten fundamentalen Verständnisses dieser Entladungen sind zur Anwendungsoptimierung eingehende Untersuchungen nötig.

Hier werden phasen-, orts- und spektral aufgelöste optische emissionspektroskopische Messungen an mikrostrukturierten Atmosphärendruck-Plasma-Arrays [1] mit typischen Dimensionen von 50x50 μm^2 je Pixel und 50x50 Pixel je Array vorgestellt. Insbesondere werden Energietransport- und Zündungsmechanismen sowie Spezieskonzentrationen und -dynamik untersucht. Betrieben werden die Entladungen in Helium, Argon und Neon sowie verschiedenen Mischungsverhältnissen derselben bei Anregungsfunktionen im mittleren kHz-Bereich und Spannungen von einigen 100 V_{pp}. Speziell der Einfluss der Anregungsfunktion und -frequenz auf den Auslastungsgrad der Entladung wird aufgezeigt.

Reference

[1] J. Phys. D: Appl. Phys. 38 (2005) 1644-1648

P 15.12 Mi 17:30 Foyer des IfP

Formation of microplasmas in small capillaries — •SARAH PANOWITZ^{1,2}, JAKOB BARZ², MICHAEL MÜLLER², JOACHIM FRANZKE³, and CHRISTIAN OEHR² — ¹IGVT, Uni Stuttgart — ²Fraunhofer IGB, Stuttgart — ³ISAS- Institute for Analytical Sciences, Dortmund

The surface modification of small and narrow volumes, like capillaries, for chemical and medical applications using plasma glow discharges is still a challenge. By plasma generation inside these small volumes, it is possible to coat or to clean their inner surfaces or to functionalize them with different chemical groups. Realizing a glow discharge in these volumes crucially depends on the geometry and the pressure in the experimental setup. We investigated plasma formation in capillaries made of glass or different polymers with diameters between 250 μm and 5 mm in a pressure range of several mbar.

To characterize the plasma, it was analyzed by optical emission spectroscopy (OES) and temperature measurements. The optical emission properties are correlated with the temperature on the outer side of the quartz capillary. There are different methods to determine electron-temperature, electron density or gas temperature from optical emission. From line intensities it is possible to determine the rotational temperature of N₂⁺, which is assumed to be the same as the neutral gas temperature. By investigating the interaction of pressure, frequency, and power, it was found that for low plasma gas temperatures, the kHz-region is a good choice. Furthermore, it is necessary to work in the minimum of the Paschen-curve.

P 15.13 Mi 17:30 Foyer des IfP

Die Doppel-Plasma-Anlage FLIPS — ●MARTIN RZITTKA, SEBASTIAN ENGE, ALF KÖHN und ULRICH STROTH — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart

Das flexible lineare Plasmaexperiment in Stuttgart (FLIPS) ist eine modulare, aus 5 Segmenten aufgebaute Plasmaanlage. Die Flexibilität der Anlage bezieht sich auf die verschiedenen Konfigurationsmöglichkeiten, z. B. kann ein magnetisiertes oder eines unmagnetisiertes Plasma erzeugt werden. Aktuell befindet sich FLIPS in der ersten Ausbaustufe, in der es als Doppel-Plasma-Anlage betrieben wird. Permanentmagnete sind in einer "full-line-cusp"-Anordnung auf der Aussenwand angebracht. Dadurch werden die aus einer thermionischen Entladung gewonnenen Elektronen besser eingeschlossen. Mittels eines elektrisch vorspannbaren Gitters lässt sich das Plasma in zwei Bereiche unterteilen und gezielt beeinflussen. Aufgrund des relativ grossen Durchmessers von FLIPS (60 cm) hat man ein Plasma vorliegen, welches über einen grossen Bereich hinweg unmagnetisiert und homogen ist. Langmuir- und Glühsonden wurden in ersten Parameterstudien dazu verwendet, das Plasma zu charakterisieren. Die Auswertung der Kennlinien ergab, dass es sich um zwei Elektronenpopulationen mit verschiedenen Temperaturen handelt. Zusätzlich wurden die Ionen-Temperatur und -Strömungsgeschwindigkeit durch LIF-Messungen bestimmt.

P 15.14 Mi 17:30 Foyer des IfP

Direct beam-profile-imaging at the Kiel suprathreshold ion calibration facility using a position-sensitive Faraday-Cup-Array

— ●LAURI PANITZSCH, MICHAEL STALDER, ROBERT F. WIMMER-SCHWEINGRUBER, ONNO KORTMANN, STEFAN BÖTTCHER, and OLIVER ROTHER — IEAP, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Germany

The department of extraterrestrial physics of the University of Kiel is establishing a solar wind laboratory which will be used mainly for three purposes: calibration of space instruments interacting with the solar wind, research on space weathering of dust particles, and for fundamental plasma physics. The laboratory will be able to generate a well defined highly-charged ion flux, similar to the solar wind, at energies from 1- 450keV/q. To generate this flux, ions of different charge states are produced in a 9-14GHz Electron-Cyclotron-Resonance Ion Source (ECRIS). Both, calibration and dust particle bombardment, need accurate values for the main beam parameters such as current, position and profile. While the current can be measured by a single Faraday Cup (FC), position and profile of the ion beam can be directly imaged with a newly developed Faraday Cup Array (FCA) moving through the beam. This array allows high resolution, accuracy and durability even for the expected current range (pA to mA) and a beam power up to 40W. Here we report on the FCA as a beam-diagnostic tool well suited especially for beam-profile-imaging.

P 15.15 Mi 17:30 Foyer des IfP

Optische Emissions- und Absorptionsspektroskopie zur Quantifizierung von Caesium in Niedertemperaturplasmen

— ●PHILIPP SCHMIDT, URSEL FANTZ und PATRICK STARKE — Lehrstuhl für Experimentelle Plasmaphysik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg

Plasmaquellen für negative Wasserstoffionen werden für die Neutralteilchenheizung in zukünftigen Fusionsexperimenten wie ITER eingesetzt. Um den Oberflächenprozess, mit welchem die negativen Ionen im Wesentlichen erzeugt werden, zu erleichtern wird Caesium verdampft, welches die Austrittsarbeit verringert. Zum optimalen Betrieb einer solchen Quelle sind Kenntnisse über die Menge an verdampftem Caesium und dessen Umverteilung im Experiment notwendig. Zusätzlich kann das Caesium Wasserstoffplasmen beeinflussen. Zur Quantifizierung von Verdampfungsraten und der Menge an Caesium in der Quelle wurde die Absorptionsspektroskopie angewandt. Im Plasmabetrieb können die Ergebnisse mit denen aus der optischen Emissionsspektroskopie verglichen werden. Im Vakuumbetrieb wird für den Vergleich ein Langmuir-Taylor-Detektor verwendet. Zusätzlich werden mittels der Emissionsspektroskopie Plasmaparameter bestimmt, so dass sich daraus schließen lässt inwieweit sich diese mit den unterschiedlichen Caesiummengen ändern. Ziel ist es, Aussagen über die Anwendbarkeit dieser Diagnostiken an ITER-relevanten Ionenquellen zu treffen.

P 15.16 Mi 17:30 Foyer des IfP

Electric field measurements in near-atmospheric pressure nitrogen and air based on a four-wave mixing scheme

— ●SARAH MÜLLER¹, TSUYOHITO ITO², KAZUNOBU KOBAYASHI³, DIRK LUGGENHÖLSCHER¹, UWE CZARNETZKI¹, and SATOSHI HAMAGUCHI³ — ¹Institut für Experimentalphysik V, Ruhr-Universität Bochum, 44780

Bochum — ²Frontier Research Base for Young Researchers, Osaka University, Osaka, Japan — ³Center for Atomic and Molecular Technologies, Osaka University, Osaka, Japan

Electric fields are measured for the first time in molecular nitrogen at atmospheric pressures. Measurements are performed in either pure nitrogen or air. The laser spectroscopic technique applied here is based on a CARS-like four-wave mixing scheme originally developed for measurements in molecular hydrogen by Ochkin and Tskhai in 1995. The technique is ideal for the investigation of microdischarges at atmospheric pressures. The frequencies of two focussed laser beams in the visible are tuned to match the energy difference between the two lowest vibrational levels in nitrogen. The presence of a static electric field then leads to the emission of coherent IR radiation at this difference frequency. The signal intensity scales with the square of the static electric field strength. In parallel to this process also anti-Stokes radiation in the UV by the standard CARS process is generated. Normalization of the IR signal by the UV signal provides a population independent measurement quantity. Experimental results at various pressures and electric field strengths are presented.

P 15.17 Mi 17:30 Foyer des IfP

Bestimmung raum-zeitlicher Plasmaparameter im Experiment DUSTWHEEL* — ●FLORIAN BISS, SASCHA KNIST, FRANKO GREINER und ALEXANDER PIEL — IEAP, CAU-Kiel, D-24098 Kiel

Am Experiment DUSTWHEEL werden Driftwellen und staubmodifizierte Driftwellen bei Magnetfeldern von bis zu 700 mT untersucht. Die detaillierte Analyse der Driftwellen erfordert genaue Kenntnisse über die poloidalen Dichte- und Plasmapotentialprofile. Diese werden aus den Kennlinien von LANGMUIRsonden ermittelt. In der Mittelebene des DUSTWHEEL-Experiments werden mit einer zweidimensional verfahrenbaren Sonde vollautomatisch Azimutalprofile aufgenommen. Während für die Bestimmung der radialen Dichteprofile mit einer stark negativ vorgespannten Sonde eine Einzelmessung ausreicht, muss zur Bestimmung des Plasmopotentials die gesamte Kennlinie durchgeführt werden. Die Fluktuationen in Dichte und Potential können Aufschluss über die Driftwelldynamik geben, wobei die Plasmopotentialfluktuationen durch Floatingpotentialmessungen angenähert werden können. Es wird ein auf LabVIEW basierendes modulares Master/Slave-Konzept vorgestellt, mit dem alle erforderlichen Messungen vollautomatisch durchgeführt werden können. Das Softwaresystem zeichnet sich durch maximale Flexibilität bezüglich späterer Erweiterbarkeit aus.

*) Gefördert von der DFG im Projekt SFB-TR24/A2.

P 15.18 Mi 17:30 Foyer des IfP

Untersuchung der Ionendynamik einer Driftwelle mittels LIF

— ●TOBIAS KLEINWÄCHTER^{1,2}, ALBRECHT STARK^{1,2}, OLAF GRULKE^{1,2} und THOMAS KLINGER^{1,2} — ¹MPI für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Greifswald — ²Ernst-Moritz-Arndt Universität, Greifswald

In magnetisierten Plasmen führen Druckgradienten häufig zur Destabilisierung von Driftwellen (DW), die von wesentlicher Bedeutung für Teilchen- und Energieverlusten sind. Die Dispersion der Driftwelle wird durch die Elektronen- und Ionendynamik bestimmt. Am linearen Helikonexperiment VINETA lassen sich Driftwellen durch die Wahl von geeigneten Plasmaparametern (Druck $p \cong 0,2$ Pa, Magnetfeld $B_0 \cong 40$ mT und RF-Leistung $P \cong 3$ kW) kontrolliert destabilisieren. Zur Messung der Dynamik der Ionen steht ein Laser-induzierte-Fluoreszenz-System (LIF) mit Diodenlaser ($\lambda_{Laser} = 668$ nm) zur Verfügung. In diesem Beitrag werden Ergebnisse zum Einfluß der Driftwelle auf die Ionen-Energieverteilungsfunktion (IEVF) vorgestellt. Dazu werden zeitgemittelte IEVF mit zeitaufgelösten Messungen zu verschiedenen Phasen der Driftwelle verglichen. Die Beeinflussung der Ionendynamik durch die DW wird durch Messungen der IEVF sowohl parallel, als auch senkrecht zum Magnetfeld charakterisiert.

P 15.19 Mi 17:30 Foyer des IfP

Comparative negative ion density measurements in oxygen dc-glow, rf-CCP and helicon discharges

— ●DIRK PASEDAG¹, HOLGER TESTRICH¹, KRISTIAN DITTMANN¹, and NADIYA SYDORENKO² — ¹University of Greifswald, Institute of Physics, Greifswald, Germany — ²Max-Planck-Institute for Plasma Physics, EURATOM Association, Greifswald, Germany

Negative ions have a strong influence on the reaction kinetics in molecular electronegative plasmas, and they drastically modify the plasma properties. Furthermore, the origin of plasma instabilities is often combined with the generation and loss of negative ions. Their density is

beside others controlled by metastable oxygen molecules as well as the plasma surrounding walls.

To show the influence of these conditions the negative oxygen ion density in three different discharge types was been measured. In a dc-glow discharge with low density ($n_e \sim 10^{16} \text{ m}^{-3}$) and glass walls, a rf-CCP discharge with comparable low density but walls of stainless steel as well as a high density ($n_e \sim 10^{19} \text{ m}^{-3}$) helicon discharge with a magnetized ($B = 100 \text{ mT}$) plasma and relatively large area of stainless steel walls.

The negative oxygen ions (O^-) are recorded by the probe assisted laser photo-detachment technique using a frequency doubled Nd:YAG laser with the same diagnostic equipment. A significant difference of the electronegativity from less than one in the dc-glow discharge to values considerable greater than one in rf-CCP discharge was obtained.

Supported by SFB-Transregio 24, projects A1, B1 and B5.

P 15.20 Mi 17:30 Foyer des IfP

Zeit- und orts aufgelöste spektroskopische Messungen der Elektroden temperatur in D-Lampen für Automobilscheinwerfer — ●TIM STYRNOLL¹, MATTHIAS BRUCHHAUSEN², JÜRGEN MENTEL¹ und PETER AWAKOWICZ¹ — ¹Ruhr-Universität-Bochum, Lehrstuhl für allgemeine Elektrotechnik und Plasmatechnik, Universitätsstraße 150, 44801 Bochum — ²OSRAM, 13625 Berlin, Nonnendammallee 44

In der Beleuchtungstechnik finden Hochdruckgasentladungslampen eine breite Anwendung als intensive und effiziente Lichtquellen. Ein Beispiel sind mit pulsierendem Gleichstrom betriebene D-Lampen, die in Automobilen als Frontscheinwerfer eingesetzt werden. Kritische Komponenten der D-Lampe sind die Elektroden aus Wolfram, zwischen denen der Lichtbogen brennt. Im Bogenansatzbereich wird Wolfram aufgrund der hohen thermischen Belastung sowie durch Sputtereffekte erodiert und am Lampenkolben kondensiert. Dies führt zu einer Erniedrigung des Wirkungsgrades und einer Verkürzung der Lebensdauer der Lampe. Um Informationen über Effekte, die die Elektroden temperatur bestimmen zu gewinnen, ist eine zeitlich und räumlich aufgelöste Messung der Elektroden temperatur erforderlich. Mit einer spektroskopischen Messanordnung wird die Schwarzkörperstrahlung der Elektrode unter Berücksichtigung der Verzerrung durch den Lampenkolben bestimmt und über das Plancksche Gesetz in eine Temperatur umgerechnet. Auf dem Poster werden der Messaufbau sowie räumlich und zeitlich aufgelöste Temperaturmessungen an Elektroden präsentiert. Gefördert durch die DFG (GRK1051) und die OSRAM GmbH.

P 15.21 Mi 17:30 Foyer des IfP

Plasma diagnostics applying K-line emission profiles — ●ANDREA SENGEBUSCH, HEIDI REINHOLZ, and GERD RÖPKE — Universitätsplatz 1 18051 Rostock

In recent years K-line spectra have become the focus of various experiments. Narrow K_α -emission of some keV is an appropriate light source for Thomson scattering on warm dense matter. Moreover, as the K-spectra are often emitted from a warm dense plasma themselves one can infer plasma parameters, i.e. temperature, density and composition, by studying variations of line energy and line shape [1]. There is a large variety of effects influencing the line profile, e.g. Doppler-broadening, self-absorption and satellite transitions. Electric and magnetic fields have also a strong impact. We will focus here on the influence of plasma polarization effects on the K-line emission. A theoretical treatment of spectral line profiles using a self-consistent ion

sphere model is applied on moderately ionized mid-Z materials. We calculated titanium K_α -spectra in order to analyze recent measurements with respect to the plasma parameters of electron heated target regions [2]. The radial temperature profile of the created plasma is inferred. It is shown that important contributions to the line profiles are due to excited radiator states. Besides, various competing line broadening mechanisms are considered [3].

[1] A. Sengebusch, S. H. Glenzer, *et al.*, *Contrib. Plasma Phys.* **47**, 309 (2007). [2] A. Sengebusch, H. Reinholz, G. Röpke, *et al.*, *J. Phys. A: Math. Theor.* **42** (2009), submitted. [3] E. Stambulchik, V. Bernshtam, *et al.*, *J. Phys. A: Math. Theor.* **42** (2009), in press.

P 15.22 Mi 17:30 Foyer des IfP

Radio Frequency Modulation Spectroscopy (RF-MOS) in Inductively Coupled Plasmas — ●DOMINIK WINTER, YUSUF CELIK, DIRK LUGGENHÖLSCHER, and UWE CZARNETZKI — Institute for Plasma and Atomic Physics, Ruhr-University Bochum

Radio-frequency modulation spectroscopy is a recently developed emission spectroscopic diagnostic in inductively coupled plasmas. It measures primarily the temporal modulation of the local electron energy distribution function (EEDF) by detecting small modulations in the percentage range of the optical line emission from the plasma. The measured quantities are the oscillatory velocity amplitude and its phase. Further, constant drifts in the same direction as the oscillatory drift can be detected. The analysis requires, in addition to the optical measurements, knowledge on the form of the EEDF around the excitation threshold of the measured emission line. In the simplest approximation the EEDF in that energy range can be represented by a Maxwellian distribution characterized by an effective electron temperature parameter. The general theory is based on a Fourier solution of the local Boltzmann equation. The solution connects the first and second harmonic of the distribution function with the static and isotropic velocity distribution. Only elastic collisions have an explicit influence of the amplitudes. In case of vanishing collisions the result is equivalent to an expansion of the general solution of Vlasov's equation in the small drift velocity. Provided that the local approximation holds, the velocity amplitude can be linked directly to the local electric field. The theoretical basis, experimental requirements and results are presented.

P 15.23 Mi 17:30 Foyer des IfP

probing the TNSA fields using self-generated THz radiation at relativistic intensities — ●AMRUTHA GOPAL¹, THOMAS GAUMNITZ¹, JENS POLZ¹, WOLFGANG ZIEGLER¹, MALTE KALUZA¹, TORSTEN MAY², BORIS PRADARUTTI³, and GERHARD PAULUS¹ — ¹Institute for Optics and Quantumelectronics, Friedrich-Schiller-University Jena, GERMANY — ²Institute of Photonic Technologies, Jena, GERMANY — ³Fraunhofer Institute IOF, Jena, GERMANY

We propose a novel technique for the characterization of the TNSA field using angularly resolved measurement of self generated THz radiation. Here we present the preliminary results of an experiment performed at the JETI laser facility at IOQ. We have detected radiation up to 3 THz at intensities $\sim 10^{19} \text{ W/cm}^2$ from 5 micron thick Titanium targets. The data are compatible with our model which attributes the emission of THz radiation to the accelerating electron-ion sheath at the back of the target, acting like an oscillating dipole. A comparison between the experimental data and results of two dimensional particle in cell simulation will be presented.

P 16: Poster: Magnetischer Einschluss

Zeit: Mittwoch 17:30–19:30

Raum: Foyer des IfP

P 16.1 Mi 17:30 Foyer des IfP

Collisional zonal-flow damping in an impure tokamak plasma — ●STEFANIE BRAUN and PER HELANDER — MPI für Plasmaphysik, Wendelsteinstr. 1, 17491 Greifswald

So-called zonal flows are known to play a significant role in tokamak plasma confinement by reducing the level of turbulent transport. It is shown that the presence of highly charged impurity ions strongly increases the collisional damping of these flows. A formula for the zonal-flow damping time is derived, which indicates that the damping is enhanced approximately by a factor Z_{eff} . In the case of large aspect ratio, the enhancement is considerably larger.

P 16.2 Mi 17:30 Foyer des IfP

Magnetfeldeffekte im turbulenten Transport — ●GREGOR BIRKENMEIER¹, PESHWAZ ABDUL¹, PETER MANZ¹, BERNHARD NOLD¹, MIRKO RAMISCH¹, ULRICH STROTH¹ und ANDREAS WERNER² — ¹Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, TI Greifswald

Die dreidimensionale Struktur des einschließenden Magnetfeldes von toroidalen Plasmen spielt eine wichtige Rolle für die Eigenschaften der Plasmadynamik. Die Magnetfeldgeometrie beeinflusst insbesondere die Entstehung und Ausprägung der Plasmaturbulenz. Im Torsatron TJ-K können turbulente Fluktuationen im gesamten Einschlussgebiet mit Multisondenarrangements detailliert diagnostiziert werden.

Für die Interpretation der experimentellen Daten werden die relevanten Parameter der toroidalen Magnetfeldgeometrie numerisch berechnet. Größen wie Magnetfeldkrümmung und magnetische Verscherung werden den gemessenen Eigenschaften der Fluktuationen und des turbulenten Transports gegenüber gestellt. Ziel dieser Arbeit ist die Untersuchung der 3D-Struktur der Turbulenz auf einer Flussfläche. Erste Messungen auf der Flussfläche im poloidalen Querschnitt zeigen erhöhte Fluktuationsamplituden und maximalen turbulenten Transport im Bereich ungünstiger Magnetfeldkrümmung.

P 16.3 Mi 17:30 Foyer des IfP
Nicht-resonante Heizung überdichteter toroidaler Plasmen im TJ-K — ●PETER DIEZ, ALF KÖHN und ULRICH STROTH — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart

Eine weit vorbereitete Methode Plasmen mit Mikrowellen zu heizen ist die Elektron-Zyklotron-Resonanz-Heizung (ECRH). Dazu strahlt man Mikrowellen ein, die in Resonanz mit der Gyrationfrequenz der Elektronen liegen. Im Torsatron TJ-K wird zum Heizen des Plasmas die ECRH genutzt, wobei es möglich ist sowohl mit 2,45 GHz bei einem Magnetfeld von 70 mT als auch mit 8,3 GHz bei 275 mT das Plasma zu heizen. Neue Effekte treten auf, wenn man bei einem Feld von 275 mT das Plasma sowohl mit 2,45 GHz als auch mit 8,3 GHz heizt und die 8,3 GHz Mikrowelle kurz nach Zünden des Plasmas ausschaltet. Unerwarteterweise bleibt das Plasma bestehen, solange mit 2,45 GHz eingestrahlt wird. Erste Parameterstudien wurden durchgeführt um den Mechanismus dieser nicht-resonanten Heizung zu verstehen. Elektronentemperaturprofile sowie Profile des elektrischen Feldes der eingestrahlten Mikrowelle geben Hinweise auf den Ort der Leistungsdeponierung im Plasma.

P 16.4 Mi 17:30 Foyer des IfP
Machsondenmessungen im TJ-K — ●KIRSI WEBER, MIRKO RAMISCH und ULRICH STROTH — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart

Machsonden sind elektrostatische Sonden, mit denen Plasmaströmungen untersucht werden können. In Anwesenheit von Strömungen messen voneinander abgeschirmte Sondenspitzen richtungsabhängig unterschiedlich große Ionensättigungsströme $I_{i,sat}$. Aus der Differenz der Ströme kann auf die Strömungsgeschwindigkeit und -richtung geschlossen werden.

Eine verfahrbare Machsonde im Torsatron TJ-K erfasst die radiale Abhängigkeit der poloidalen Strömungsgeschwindigkeit. Die in Biasing-Experimenten aufgenommenen Geschwindigkeitsprofile werden mit aus Gleichgewichtsprofilen errechneten Plasmadriften verglichen. Diese gemessenen Strömungen werden in Beziehung zur poloidalen Impulsbilanz gesetzt.

Im nächsten Schritt wird der Beitrag der toroidalen Strömung zur Impulsbilanz untersucht. Eine erweiterte Machsonde erlaubt die gleichzeitige Messung der poloidalen und toroidalen Machzahl. Erste Ergebnisse werden vorgestellt.

P 16.5 Mi 17:30 Foyer des IfP
Messung der Argonionen-Temperatur und -Drift im Torsatron TJ-K — ●SEBASTIAN ENGE, GREGOR BIRKENMEIER, MIRKO RAMISCH, ALF KÖHN und ULRICH STROTH — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart

Zur Messung der Ionengeschwindigkeitsverteilung an Argon wurde eine Laserinduzierte-Fluoreszenz-Diagnostik (LIF) aufgebaut. Sie ermöglicht die Bestimmung der Iontemperatur und Driftgeschwindigkeit. Mit Hilfe dieser Diagnostik wurde am Torsatron TJ-K erstmals Iontemperaturprofile, toroidale- und poloidale-Ionengeschwindigkeiten gemessen. Aus dem Iontemperaturprofil wurde die Ionenwärmeleitung bestimmt, die als einziger Parameter einer Energie- und Teilchenbilanz noch abgeschätzt werden musste. Die aus dem Modell gewonnenen Daten wurden mit experimentellen verglichen.

Des Weiteren wurden die poloidalen Ionengeschwindigkeiten mit Werten für den $E \times B$ und den diamagnetischen Drift verglichen, die aus Messungen mit Langmuir-Sonden abgeschätzt wurden. Der Einfluss von Biasing einer Flussfläche auf die Ionenrotation und -Temperatur konnte direkt gemessen werden.

P 16.6 Mi 17:30 Foyer des IfP
Magnetic configuration effects on the TJ-K torsatron plasma parameters and turbulent transport — ●PESHWAZ ABDUL¹, GREGOR BIRKENMEIER¹, BERNHARD NOLD¹, MIRKO RAMISCH¹, BERNHARD ROTH¹, LARS STOLLENWERK¹, ANNE ZILCH², and ULRICH STROTH¹ —

¹Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Teilinstitut Greifswald

The vacuum magnetic surfaces of the TJ-K torsatron, have been studied over a wide range of rotational transforms, by using a fluorescent rod which scans the poloidal cross section and lights up when struck by electrons emitted by an electron gun. The existences of closed and nested flux surfaces as well as the magnetic axis positions for various magnetic configurations have been proven experimentally. Moreover, magnetic islands have been found. A study of the fluctuation amplitudes and turbulent particle transport have been carried out in the microwave-heated discharge by means of movable Langmuir probes. In the vicinity of the magnetic islands, turbulent particle transport shown to be increased. At the same time flattening of the density profiles have been observed.

P 16.7 Mi 17:30 Foyer des IfP
Edge Turbulence Studies in the Helically Symmetric Experiment — ●MIRKO RAMISCH¹, ROBERT WILCOX², F. SIMON B. ANDERSON², ULRICH STROTH¹, JOSEPH N. TALMADGE², DAVID T. ANDERSON², and HSX TEAM² — ¹Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart — ²The HSX Plasma Laboratory, University of Wisconsin-Madison

The helically symmetric experiment (HSX) is a modular stellarator featuring quasi-helical symmetry (QHS), which minimizes neoclassical transport and reduces viscous flow damping. Reduced viscous damping benefits turbulence generated zonal flows, which are considered as a trigger mechanism for transport barriers. Therefore, magnetic field optimization with respect to neoclassical transport could affect turbulent transport levels as well. In order to study the turbulence properties in QHS compared to a non-optimized configuration, the symmetry in HSX can selectively be degraded by means of auxiliary coils. A key issue is the effect of symmetry breaking on zonal flow damping. In a first step, a movable poloidal 16-pin Langmuir-probe array is used to detect turbulent structures in the density and the potential in the edge region of QHS plasmas. Special attention is paid to long-range correlations in the potential fluctuations, which are indicative for zonal flows. First results are presented. Coherent, low-frequency potential structures with long poloidal correlation lengths are found in a narrow radial range. In the same range, a reversal in the poloidal propagation of density structures is observed.

P 16.8 Mi 17:30 Foyer des IfP
Elektron-Zyklotron-Heizung in höheren Harmonischen an ASDEX Upgrade — ●HENDRIK HÖHNLE¹, JÖRG STÖBER², WALTER KASPAREK¹ und ULRICH STROTH¹ — ¹Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Garching

ITER-relevante Entladungen an ASDEX Upgrade (AUG) werden in Regimes mit gutem Einschluss bei Dichten nahe der Dichtegrenze gefahren. Die ECRH ist bei solchen Szenarien ein wichtiges Mittel zur Dichtekontrolle und zur Verhinderung von Verunreinigungsanhäufungen im Plasmazentrum. Hoher Plasmastrom ist günstig für den Einschluss, führt aber zu Plasmadichten oberhalb des Cutoffs der Mikrowelle von $1,2 \cdot 10^{20} \text{ m}^{-3}$ für 140 GHz in der 2. Harmonischen X-Mode (X2). Die X2-Mode wird an AUG für die ECRH wegen der nahezu vollständigen Absorption bevorzugt. Eine Möglichkeit ECRH dennoch einsetzen zu können ist die Verwendung der O2- oder X3-Mode für die Heizung. In beiden Fällen liegt der Dichte-Cutoff höher als bei der X2-Mode, die Absorption sinkt aber von nahezu 99% auf 80%. Um diesen Nachteil auszugleichen, wird auf der Hochfeldseite von AUG ein holographisches Gitter montiert, das die Heizwelle in definierter Richtung und Polarisation in das Plasma zurückreflektiert.

Der optimierte Reflektor und der experimentelle Aufbau zur Messung der Absorption der O2-Mode in AUG werden vorgestellt. Erste Messungen der Absorption durch diesen Aufbau sowie durch Modulationsmessungen werden mit theoretischen Vorhersagen verglichen.

P 16.9 Mi 17:30 Foyer des IfP
Modellierung der radialen Emissionsverteilung in der Plasmarandschicht von ASDEX Upgrade — ●ELEONORA VIEZZER, THOMAS PÜTTERICH, RALPH DUX und ASDEX UPGRADE TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, Boltzmannstraße 2, D-85748 Garching

In einem Fusionsplasma spielen Untersuchungen des Plasmarands eine wichtige Rolle, da hier die Einschlussqualität und der Verunreinigungsgehalt des gesamten Plasmas wesentlich mitbestimmt werden. In

dieser Region gelangen die Plasmateilchen von der Abschälsschicht in den Bereich geschlossener Flussflächen. Verunreinigungen emittieren im Randplasma Spektrallinien in Folge von Elektronenstoßanregung und nach thermischem Ladungsaustausch (CX) mit neutralem Wasserstoff, der in die Randschicht eindringt. Diese passiven Emissionslinien überlagern die aktiven CX-Spektrallinien am D-Heizstrahl und müssen bei der aktiven CX-Spektroskopie entsprechend berücksichtigt werden. Die Analyse räumlich hochaufgelöster Messungen aus der Entfaltung der Sichtlinienintegrale ermöglicht auch Rückschlüsse auf lokale Plasmaparameter in der Randschicht. Der Vergleich mit dem Transportmodell STRAHL erlaubt die passiven Emissionen durch thermischen CX mit Hintergrundwasserstoff und Elektronenstoßanregung zu bestimmen. Dadurch kann die Wasserstoffdichte quantifiziert werden. Durch Vergleich von verschiedenen Verunreinigungen können die Ergebnisse validiert werden, da die Raten für thermischen CX je nach Spektrallinie variieren. Erste Analysen für die Spektrallinien von He⁺ bei 468 nm, B⁴⁺ bei 495 nm und C⁵⁺ bei 529 nm werden präsentiert.

P 16.10 Mi 17:30 Foyer des IfP

Tungsten Transport in the Plasma Edge at ASDEX Upgrade — ●MICHAEL ARTHUR JANZER, RALPH DUX, THOMAS PÜTTERICH, MARCO SERTOLI, and ASDEX UPGRADE TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, 85748 Garching

Tungsten, beryllium and carbon fibre components are the materials envisaged for the first wall in ITER. The ASDEX Upgrade tokamak with its full tungsten wall offers the opportunity to study the behavior of tungsten under reactor relevant conditions.

The tungsten erosion fluxes from all dominant sources have been determined by the S/XB method using visible light from WI at 400.9 nm. Comparing the main chamber sources (i.e. heat shield of the inner column and ICRH antenna limiters) to the outer divertor source exhibits that the divertor provides by far the largest source of tungsten. However, the limiter source has the strongest influence on the tungsten concentration in the plasma.

For better understanding the influence of the eroded impurities on the impurity content of the confined plasma it is necessary to investigate the impurity transport not only in the scrape off layer, but also at the edge of the confined plasma, where the impurity density pedestal is determined by plasma transport. Therefore, faster cameras (frame rate: 1 kHz) were mounted on the SPRED (10-32 nm) and Grazing Incidence (2-50 nm) spectrometer. The higher temporal resolution allows for the exploration of impurity dynamics in the plasma edge induced by ELMs, laser-blow-offs and gas puffing under various plasma conditions. First results will be presented for silicon, argon and tungsten.

P 16.11 Mi 17:30 Foyer des IfP

Effects of Strong Magnetic Shear Deformation in Tokamak Edge Turbulence — ●BRUCE SCOTT — Max-Planck-IPP, Euratom Association, Garching, Germany

Turbulence in the tokamak edge is studied using both gyrokinetic and gyrofluid models. The corresponding derivations and energy theorems have the same origin and ultimately represent at two different levels of sophistication the same model of low frequency electromagnetic dynamics. Magnetic trapping of electrons is found to strengthen the turbulence in the near-electrostatic regime, but both models show a strong rise of turbulent transport with plasma beta (magnetic inductivity) and they agree on its onset. This phenomenon is not found in the corresponding linear growth rates. A strong transfer of ExB eddy energy to longer wavelengths is measured. The scaling is nonlinear in origin and depends on amplitude maintenance of a shear-Alfvén component which has no role in the linear phases. Scaling against magnetic shear shows the breakdown of flux tube based coordinate systems for experimentally relevant (large) shear values. A new global field aligned treatment is developed to treat arbitrary shear. Gyrofluid and possibly also gyrokinetic turbulence results will be presented in shaped geometry.

P 16.12 Mi 17:30 Foyer des IfP

Visualisierung von Magnetfeldlinien am Stellarator WEGA — ●PETER DREWELow, TORSTEN BRÄUER, MATTHIAS OTTE and FRIEDRICH WAGNER — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik TI Greifswald, EURATOM Assoziation, Wendelsteinstraße 1, 17491 Greifswald, Deutschland

Die Vakuumkonfiguration des Magnetfeldes ist in fusionsrelevanten Einschlussexperimenten vom Typ Stellarator allein durch die externen Magnetfeldspulen gegeben. Ihre genaue Bestimmung ist von essentieller Bedeutung, da bereits kleinste Feldfehler zu asymmetrischen

Leistungsverteilungen der Plasmaenergie auf Limitergeometrien führen können. Für die Untersuchung der Magnetfeldkonfiguration kommt ein Elektronenstrahl zum Einsatz, der durch eine Elektronenkanone parallel zum Magnetfeldvektor emittiert wird. Auf Grund inelastischer Wechselwirkungen mit Argon als Hintergrundgas ergibt sich eine Leuchtspur, die die Driftbahn der Elektronen repräsentiert, welche in erster Näherung dem Feldlinienverlauf entspricht. Damit lässt sich auch die Existenz von a priori nicht herleitbaren aber für den Plasmaeinschluss notwendigen Flussflächen zeigen. Es werden Ergebnisse der Optimierung des Elektronenstrahles in Abhängigkeit vom Kanonendesign, von Energie und Stromdichte der Elektronen im Strahl, von der Wahl des Hintergrundgas, sowie dessen Drucks vorgestellt. Experimente zur Visualisierung der Feldlinien wurden am Stellarator WEGA durchgeführt und der Verlauf des Leuchtstrahles durch Beobachtung von verschiedenen Kamerapositionen photogrammetrisch bestimmt.

P 16.13 Mi 17:30 Foyer des IfP

Numerical calculation of 3D MHD equilibria in nonaxisymmetric tokamaks with the HINT2 code — ●CHRISTOPHER WIEGMANN¹, YASUHIRO SUZUKI², JOACHIM GEIGER³, YUNFENG LIANG¹, DETLEV REITER¹, ROBERT WOLF³, and JET-EFDA CONTRIBUTORS⁴ — ¹Institut für Energieforschung - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, Assoziation EURATOM-FZJ, Trilateral Euregio Cluster, 52425 Jülich, Germany — ²National Institute for Fusion Science, 322-6 Oroshi-cho, Toki 509-5292, Japan — ³Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Assoziation EURATOM-IPP, 17491 Greifswald, Germany — ⁴JET-EFDA, Culham Science Centre, OX14 3DB, Abingdon, UK

Tokamaks are often considered to be two-dimensional and consequently, their equilibrium is treated by solving the Grad-Shafranov equation. In real devices, the toroidal field ripple, error fields due to coil misalignments and deliberate application of resonant magnetic perturbations lead to a three-dimensional structure. To study the effect of the deviations from axisymmetry on the equilibrium the application of complex numerical tools like the HINT2 code[1], which allows for magnetic islands in the equilibrium solution, is necessary. In this study calculations of the three dimensional equilibrium are presented which take account for the toroidal field ripple as well as resonant and nonresonant magnetic perturbations. Examples will be shown and discussed for the tokamaks TEXTOR with dynamic ergodic divertor and for JET with error field correction coils. [1] Y. Suzuki et al., Nucl. Fusion **46**, L19-L24 (2006)

P 16.14 Mi 17:30 Foyer des IfP

Comparison of turbulent scrape-off layer fluctuations between the outer midplane and close to the X-point in Alcator C-Mod — ●OLAF GRULKE¹, JAMES L. TERRY², and STEWART J. ZWEBEN³ — ¹MPI for Plasma Physics, EURATOM Association, Greifswald — ²MIT-PSFC, Cambridge, USA — ³PPPL, Princeton, USA

Turbulent fluctuations in the tokamak scrape-off layer (SOL) generally display an intermittent character with strongly non-Gaussian amplitude statistics. Spatiotemporal imaging of turbulent fluctuations at the outer midplane revealed the propagation of turbulent field-aligned filament structures, which peel-off the separatrix region and propagate radially outwards to the wall A newly installed D_alpha turbulent imaging diagnostic measuring in the strong magnetic shear region close to the lower X-point in Alcator C-Mod allows for a detailed comparison of the properties of turbulent fluctuations between the outer midplane and X-point region. In contrast to the mostly circular cross-sections of turbulent structures at the midplane, structures are strongly elongated in radial direction at the X-point view. The elongation is consistent with magnetic flux surface expansion, which strongly suggests the filamentary nature of structures along the magnetic field. The X-point imaging data are directly compared to simultaneous fluctuation measurements obtained from an array of D_alpha diode views arranged radially and poloidally at the outer midplane. The statistical properties of fluctuations and the propagation speed of spatiotemporal fluctuations structures in the two regions are compared.

P 16.15 Mi 17:30 Foyer des IfP

Experimental Investigation of Magnetic Flux Tubes — FELIX MACKEL, HOLGER STEIN, ●JAN TENFELDE, and HENNING SOLTWISCH — Ruhr University Bochum, Bochum, Germany

High temperature plasmas interact strongly with external and internal magnetic fields; this leads to the development of collimated structures and kink-like instabilities. In the frame of the FlareLab project a arc-

shaped discharge, reminiscent of solar prominences, is investigated. The design of the pulsed discharge, which was inspired by previous works of Bellan et al.[1], is modular and allows easy replacement of the electrode system. A floating electrostatic triple-probe [2] and magnetic induction probes are employed to monitor the development of discharge current, density and temperature. The emission is analysed by means of a fast framing ICCD camera and a Spex 1m spectrograph. Combining the different diagnostics, the size and evolution of the discharge current channel can be examined. The focus lies on an investigation of the temporal evolution of kink-like structures. An MHD effect described by Bellan et al.[3], which leads to an increase of the gas flow velocity in the electrode vicinity, is examined.

[1] P.M. Bellan and J.F. Hansen, Phys. Plasmas 5 (1998), (1991).

[2] S.L. Chen, T. Sekiguchi, J. Appl. Phys. 36, 8 (1965).

[3] E.V. Stenson, P.M. Bellan, IEEE Trans. Plasma Sci. 36, 4 (2008).

P 16.16 Mi 17:30 Foyer des IfP

Technical Realization of a Magnetic Field Topology Suitable for a Simulation of Solar Flares — •HOLGER STEIN, JAN TENFELDE, and HENNING SOLTWISCH — Ruhr University Bochum, Bochum, Germany

Solar flares show periods of long term stability (ranging from days up to weeks), while the expansion into space after becoming unstable occurs on much shorter timescales. Titov and Démoulin [1] proposed a model configuration of magnetic flux surfaces, which successfully reproduces the evolution of certain flare structures observed on the solar

surface.

In the frame of this work, the possibility of scaling down the model assumptions to laboratory experiment dimensions is investigated. An electrode design is proposed being consistent with the boundary conditions implied by the model. The experimental realization of the magnetic field structure is compared to model calculations following the approach of Titov and Démoulin.

[1] V.S. Titov, P. Démoulin, Astron. Astrophys. 351, 707-720 (1999).

P 16.17 Mi 17:30 Foyer des IfP

Sheared plasma rotation in stochastic magnetic fields — •ANDREAS WINGEN and KARL-HEINZ SPATSCHEK — Theoretische Physik I, Universität Düsseldorf, D-40225 Düsseldorf

In this work we discuss the generation of sheared plasma flows by stochastic magnetic fields. Zonal flows are prominent examples of flow generation by nonlinearities in plasmas. They have been reported and analyzed for a long time in laboratory and astrophysical plasmas. The interesting point in the present context is that a sheared plasma flow may be generated by controllable magnetic fluctuations as produced by ergodic divertor coils in tokamaks. Stochastic magnetic fields in incomplete chaos influence the drift motion of electrons and ions differently. Using a fast mapping technique, it is demonstrated how a sheared plasma rotation can be induced by the radial part of the ambipolar electric field. The results are applied to poloidal rotation profiles in magnetically confined plasmas. Scaling laws for plasma losses and the onset of sheared plasma rotation are presented.

P 17: Poster: Plasma-Wand-Wechselwirkung

Zeit: Mittwoch 17:30–19:30

Raum: Foyer des IfP

P 17.1 Mi 17:30 Foyer des IfP

Erste Experimente zur Charakterisierung eines Radiowellen geheizten Konditionierungsplasmas mit einem thermischen Lithium-Atomstrahl am Tokamak TEXTOR — •RUTH LAENGER^{1,2}, BERNHARD UNTERBERG¹, ALBRECHT POSPIESZCZYK¹, BERND SCHWEER¹, ANATOLI LYSSOIVAN³, ULRICH SAMM¹ und AND THE TEXTOR TEAM¹ — ¹Institut für Energieforschung - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, Assoziation EURATOM-FZ-Jülich, Trilaterales Euregio Cluster, Jülich — ²Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn — ³ERM-KLS

In dem geplanten Fusionsexperiment ITER wird es nötig sein die Wände von Verunreinigungen und Brennstoffrückständen zu befreien. Dabei können Glimmentladungen auf Grund des Magnetfeldes nicht genutzt werden. Als Alternative wird das Reinigen mit einem Radiowellen geheizten Plasma erwogen. Eine genaue Kenntnis der Plasmaeigenschaften wird benötigt, um die gewonnenen Daten auf ITER übertragen zu können.

Mit Hilfe eines thermischen Lithium-Atomstrahls sollen Elektronentemperatur (T_e) und Elektronendichte (n_e) dieses Plasmas ermittelt werden. Anhand des zuvor aufgestellten Stoß-Strahlungsmodells erkennt man, dass die beobachteten Li-Niveaus stationär besetzt sind. Außerdem konnten günstige Linienübergänge ausgesucht werden, welche dann im Experiment an TEXTOR beobachtet wurden. Eindringtiefe des Strahls und Intensitätsverhältnisse lassen erste Schlüsse über T_e und n_e zu.

P 17.2 Mi 17:30 Foyer des IfP

Lokale Deposition kohlenstoffreier SiO_x-Schichten mit Hilfe eines anisothermen Plasmajets unter Normaldruckbedingungen — •JAN SCHÄFER, RÜDIGER FOEST, ANDREAS VOGELANG und ANTJE QUADE — Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V. Greifswald

Die plasmagestützte Schichtabscheidung siliziumorganischer Schichten weist ein breites Anwendungsspektrum auf. Je nach Ausprägung der chemischen Zusammensetzung der Schichten können die Schichten Kratzschutz, Korrosionsschutz oder Diffusionsbarriere gewährleisten.

Es wird die Abscheidung von kohlenstofffreien, quarz-ähnlichen Schichten mittels eines nichtthermischen Hochfrequenz-Kapillarjets präsentiert, der in offener Umgebungsluft arbeitet. Das Design der Plasmaquelle ist speziell auf eine präzise, lokale Beschichtung ausgerichtet. Zum Zweck der dynamischen Behandlung größerer Flächen lassen sich mehrere gleichartige Module jedoch zu einem Array anordnen. Die verwendete Gasmischung besteht aus Argon, Sauerstoff und

geringen Zumischungen von Oktamethylzyklotetrasiloxan.

Im Rahmen einer experimentellen Parameterstudie wird die Wirkung einer Variation des O₂-Anteils und der Substrattemperatur auf die atomare Zusammensetzung, die Bindungsverhältnisse und die Oberflächenmorphologie der Schicht betrachtet.

Die Auswertung der Schicht- und Oberflächenanalytik (FTIR, XPS, REM) gestattet die Angabe eines Parameterbereiches, der durch Schichten mit exzellent niedriger Kohlenstoffkonzentration (0,6 % XPS-Atome) und kompakter, glatter Morphologie gekennzeichnet ist.

P 17.3 Mi 17:30 Foyer des IfP

Plasma-Abtragung amorpher Kohlenwasserstoffschichten in kastellierten Strukturen — •CHRISTIAN SCHULZ, VOLKER PHILIPPS, ANDREY LITNOVSKY und ULRICH SAMM — Institut für Energieforschung - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich, Assoziation EURATOM-FZJ, Trilaterales Euregio Cluster, 52425 Jülich, Germany

Die Kodeposition von Kohlenstoff und Wasserstoffisotopen in Form amorpher Schichten auf der Gefäßwand ist ein Sicherheitsproblem für den geplanten Experimentalreaktor ITER aufgrund der Akkumulation von Tritium. Deshalb ist die Entwicklung effektiver Methoden zur Entfernung dieser Schichten bzw. zur Freisetzung des gebundenen Wasserstoffes erforderlich. Eine besondere Herausforderung stellen dabei die Schlitze sogenannter kastellierter Strukturen dar, die dazu gedacht sind thermomechanische Spannungen und Wirbelströme zu reduzieren. Die Möglichkeiten die o.g. Schichten in solchen Schlitzstrukturen mittels Plasmen abzutragen wurden in der toroidalen Plasmaanlage TOMAS untersucht. Dazu wurden speziell gefertigte kastellförmige Edelstahlproben mit Kohlenwasserstofffilmen vorbeschichtet, als kastellierte ITER-ähnliche Struktur zusammengefügt und in TOMAS Glimmentladungsplasmen ausgesetzt. Der Vergleich von Vor- und Nachanalyse der Probenoberfläche nach Glimmentladungen in Wasserstoff zeigt auf den in direktem Plasmakontakt stehenden Oberseiten eine komplette Erosion der ca. 95 nm dicken Kohlenstoffschicht in ca. 4 h. Auf den Schlitzwänden ergab sich im oberen Bereich nach 10 h lediglich ein Abtrag von ca. 30 nm. Im unteren Teil und auf dem Schlitzboden wird sogar eine Deposition von 20 bis zu 100 nm beobachtet.

P 17.4 Mi 17:30 Foyer des IfP

Erosionsverhalten dotierter Kohlenstoffmaterialien in Deuterium-Niederdruckplasmen — •PATRICK STARKE¹, MARTIN BALDEN², DAVID FILIMONOV¹, CHRISTOPH ADELHELM², PHILIPP SAUTER² und EXTREMAT PARTNER² — ¹Lehrstuhl für Experimentelle Plasmaphysik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, 85748

Garching

Wandmaterialien zukünftiger Fusionsreaktoren müssen extremen Belastungen, d.h. hohen Wärme- und Teilchenflüssen, standhalten. Aufgrund seiner hervorragenden thermomechanischen Eigenschaften eignet sich Kohlenstoff für diesen Einsatzzweck. Ein Nachteil ist hierbei eine verhältnismäßig hohe Erosion durch Wasserstoffplasmen, verursacht durch den gleichzeitigen Beschuss von energetischen Ionen und thermischen Wasserstoffatomen. Eine Dotierung des Materials kann die Erosionsausbeute jedoch stark verringern. Im Rahmen des ExtreMat-Projektes wurden verschiedene Kohlenstoffmaterialien (CFC- und Bulkmaterialien) mit Dotierungen von Titan und Zirkonium entwickelt. Diese wurden in induktiv gekoppelten HF-Deuteriumplasmen, deren Plasmaparameter und Teilchenflüsse gut charakterisiert sind, bei einer Ionenenergie von 30 eV und Oberflächentemperaturen von 300 K und 630 K untersucht. Ein Zeitverlauf der Erosionsausbeute ergibt sich mit der optischen Emissionsspektroskopie aus der Emission der C₂- und CD-Molekülbanden und zeigt eine signifikante Reduktion der Erosionsausbeute. Die Resultate werden mit Ergebnissen aus Ionenstrahlexperimenten verglichen.

P 17.5 Mi 17:30 Foyer des IfP
Evaluation and Adaptation of Tree-Algorithms for kinetic fu-

sion edge plasma simulation — ●BENJAMIN BERBERICH¹, DETLEV REITER¹, and PAUL GIBBON² — ¹Institut für Energieforschung - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich — ²Jülich Supercomputing Centre

A wide range of 2- and 3-dimensional (in configuration space) computer simulation codes are currently developed and applied in magnetic fusion research for interpretative and predictive studies, in particular for the areas close to the wall of the plasma container (vacuum chamber). This domain is characterized by a complex interaction of plasma-chemical and turbulent processes. The models contain both empirical and “first principles” based sub-modules. The long term goal of model and code development is the systematic replacement of “ad hoc” test particles (or charged fluid elements) by “ab initio” models, in particular aided by increasing HPC resources (massively parallel computing). The self-consistent electrical field, obtained from the position of charged test particles, or, in fluid approximations, of charged “fluid parcels”, is one such component. For this purpose, but in other areas of application, so called tree-algorithms have proven to be highly efficient. In the present work a feasibility study, adaptation and application of a 3-dimensional, electrostatic tree code to typical fusion reactor edge plasma physics issues is carried out. First results of this study will be presented.

P 18: Poster: Theorie/Modellierung

Zeit: Mittwoch 17:30–19:30

Raum: Foyer des IfP

P 18.1 Mi 17:30 Foyer des IfP
Dynamical collision frequency in warm dense matter — ●MATHIAS WINKEL, HEIDI REINHOLZ, AUGUST WIERLING, and GERD RÖPKE — Institut für Physik, Universität Rostock

The dynamical collision frequency is the central quantity for calculating the dielectric function in warm dense matter. In particular, we are interested in static transport properties, e.g. dc-conductivity, and optical properties, e.g. reflectivity [1]. The description over a wide parameter region of the plasma’s temperature, density, ionization degree and frequency is subject of current research.

Based on a generalized linear response theory, the dynamical collision frequency has been calculated in different approximations. Within the Gould-deWitt approach, dynamical screening and strong collisions have been taken into account [2, 3].

We discuss interpolational expressions for the dynamical collision frequency from its respective limiting cases over a wide parameter range and present exemplary results for optical frequencies.

Additionally, we compare the influence of these approximations on the dielectric function with expressions, that result from a treatment of collisions with the help of kinetic theory [4].

[1] T. Raitza *et al.* J. Phys. A: Math Gen. **39**, 4393 (2006)

[2] H. Reinholz *et al.*, Phys. Rev. E **62**, 5648 (2000)

[3] H. Reinholz, Annales de Physique Vol. 30, Issue 4-5 (2005)

[4] M. Veysman *et al.* Poster contribution to the ECLIM 2008 Conference

P 18.2 Mi 17:30 Foyer des IfP
Berezinskii-Kosterlitz-Thouless transition in two-dimensional dipole systems — ●ALEXEY FILINOV¹, NIKOLAY PROKOF'EV², and MICHAEL BONITZ¹ — ¹Institut für Theoretische Physik und Astrophysik, Christian-Albrechts-Universität, Leibnizstr. 15, D-24098 Kiel, Germany — ²Department of Physics, University of Massachusetts, Amherst, Massachusetts 01003, USA

Dilute dipole gases of polar molecules and indirect excitons in quantum wells are of increasing interest in recent experimental realizations [1], since they allow to realize and control correlation and quantum degeneracy effects. Using path integral Monte Carlo we investigate the normal-superfluid transition in a system of 2D bosonic dipoles which models such experiments in the full temperature-density plane. The critical temperature, superfluid fraction, thermodynamic sound speed and compressibility have been evaluated for different dipole coupling strengths/densities. For indirect excitons at high densities the dipole approximation becomes invalid. We, therefore, take into account the internal exciton structure and derive new effective interaction which crucially affects the phase diagram at high densities.

[1] J.M. Sage *et al.*, Phys. Rev. **94**, 203001 (2005); D. Wang *et al.*, Phys. Rev. **93**, 243005 (2004). [2] Timofeev V *et al* 2007 J. Phys: Cond.

Matt. **19** 295209.

P 18.3 Mi 17:30 Foyer des IfP
Quantum Potentials with Degeneracy — SANDIPAN DUTTA¹, JAMES DUFTY¹, ALEXEI FILINOV², and ●MICHAEL BONITZ² — ¹Department of Physics, University of Florida, Gainesville, FL 32611 — ²Institut für Theoretische Physik und Astrophysik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, D-24098 Kiel

An effective quantum potential can be defined by requiring that the ideal inhomogeneous electron gas have its simple classical form. Such quantum potentials are very useful for embedding essential quantum effects in semi-classical descriptions such as MD simulations and for implementation of PIMC and DFT calculations. If exchange effects are neglected the weak coupling form for the external potential is the familiar Kelbg result. Recently [1], it has been shown how to improve that result to include strong coupling. Here, those results are extended to include the effects of electron degeneracy. It is found that the weak coupling form with exchange is well-represented by the Kelbg result modified by a suitable coordinate scaling. This allows a phenomenological extension to include both degeneracy and strong coupling.

[1] A. Filinov, V. Golubnychiy, M. Bonitz, W. Ebeling, and J.W. Dufty, Phys. Rev. E **70**, 046411 (2004).

P 18.4 Mi 17:30 Foyer des IfP
Effective quantum potentials for strongly correlated plasmas — ●TORBEN OTT¹, ALEXEI FILINOV¹, JAMES W. DUFTY², and MICHAEL BONITZ¹ — ¹CAU zu Kiel, ITAP, Leibnizstraße 15, D-24098 Kiel — ²Physics Department, University of Florida, Gainesville, FL

The idea of a semi-classical treatment of quantum effects via an effective pair potential U^{eff} goes back to Kelbg [1] and was further developed by many authors, e.g. [2].

In [2] it was shown that the potential U^{eff} can be successfully used in semi-classical MD simulations. Here we present two applications of this idea: 1) a realization of an external potential and 2) an effective potential for quantum particles in a Coulomb crystal.

[1] G. Kelbg, Ann. Phys. **12**, 219 (1963); **13**, 354 (1963); **14**, 394 (1964).

[2] A. Filinov *et al.*, PRE **70**, 046411 (2004)

P 18.5 Mi 17:30 Foyer des IfP
Simulationen für die Entwicklung einer laserinduzierten, gepulsten Neutronenquelle — ●JÖRG SCHÜTRUMPF, MARC GÜNTHER und MARKUS ROTH — Technische Universität Darmstadt, Darmstadt, Deutschland

In der Arbeitsgruppe Laser- und Plasmaphysik der Technischen Universität Darmstadt werden Untersuchungen zur Entwicklung einer laserinduzierten, gepulsten Neutronenquelle durchgeführt. Experimenten-

tell zugänglich sind bereits laserbeschleunigte Protonen über den Mechanismus der Target Normal Sheath Acceleration (TNSA). Damit ist es heutzutage möglich, 10^{13} Protonen auf eine Energie von über 60 MeV zu beschleunigen bei einer Pulslänge unter 1 ps. Mit einem solchen Teilchenstrahl kann auf diese Weise über ein Konvertiertarget mit (p,xn) Reaktionen eine laserinduzierte Neutronenquelle aufgebaut werden.

Mit einer Monte-Carlo Simulation in GEANT4 wurden Rechnungen für die pn-Reaktionen angefertigt, die den Parameterraum für eine solche Neutronenquelle untersuchen sollen. Die Ergebnisse dieser Simulationen werden in diesem Beitrag vorgestellt. Zugrunde gelegt wurde hierbei ein Terawatt-Lasersystem mit einer Energie von $E_{laser} = 40$ J und einer Pulslänge von unter 1 ps, welches Protonen bis 25 MeV beschleunigen kann. Es wurden Rechnungen für verschiedene Zusammensetzungen des Konvertiertargets durchgeführt, um die Effizienz zu optimieren. In einem Vanadiumtarget können so bis $7 \cdot 10^9$ Neutronen mit einem einzigen Laserpuls erzeugt werden. Diese besitzen eine klare Vorzugsrichtung in Richtung des Protonenstrahls.

P 18.6 Mi 17:30 Foyer des IfP

Radiation Pressure Acceleration by Circularly Polarized Pulses: Three-Dimensional Dynamics and Angular Momentum Absorption — ●TATIANA LISEYKINA^{1,2}, DIETER BAUER¹, ANDREA MACCHI^{3,4}, FRANCESCO PEGORARO³, and SERGEI POPRUZHENKO^{1,5} — ¹Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg, Germany — ²Institute of Computational Technologies SD RAS, Novosibirsk, Russia — ³Physics Department, University of Pisa, Italy — ⁴PolyLAB, Pisa, Italy — ⁵Moscow Engineering Physics Institute, Russia

Radiation Pressure Acceleration of thin plasma targets by Circularly Polarized laser pulses is studied by three-dimensional particle-in-cell simulations. The use of flat-top intensity profiles is found to be important to avoid self-induced transparency and to reach high ion energies. A significant degree of absorption of the angular momentum of the laser pulse is observed, giving a signature of irreversible, non-adiabatic effects.

P 18.7 Mi 17:30 Foyer des IfP

Stoßabsorption intensiver Laserstrahlung in dichten Plasmen — ●MAX MOLL¹, PAUL HILSE¹, MANFRED SCHLANGES¹ und THOMAS BORNATH² — ¹Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald — ²Universität Rostock

Die Absorption von intensiver Laserstrahlung in Plasmen wird über inverse Bremsstrahlung maßgeblich von der Streuung der Elektronen an den Ionen bestimmt. Folglich ist die dynamische Elektron-Ion-Stoßfrequenz eine wesentliche Größe im Ausdruck für die Absorptionsrate.

In diesem Beitrag werden quantenstatistische Ausdrücke für den Real- und für den Imaginärteil der dynamischen Stoßfrequenz diskutiert und mit Resultaten anderer Autoren verglichen. Insbesondere werden die Grenzfälle niedriger und hoher Laserintensitäten betrachtet.

Schließlich werden die Ausdrücke für die Stoßfrequenz zur Beschreibung der Dynamik der Laser-Cluster-Wechselwirkung im Rahmen des Nanoplasma-Modells benutzt. Die Resultate einer selbstkonsistenten Bestimmung von Strom, innerem Feld und Stoßfrequenz für den Fall hoher Feldstärken werden vorgestellt und diskutiert.

P 18.8 Mi 17:30 Foyer des IfP

Laser-Cluster-Wechselwirkung in einem modifizierten Nanoplasma-Modell mit effektiven Ionisierungsenergien — ●THOMAS BORNATH¹, PAUL HILSE², MAX MOLL² und MANFRED SCHLANGES² — ¹Institut für Physik, Universität Rostock — ²Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald

Ein interessantes Problem ist der Einfluss des dichten Cluster-Mediums auf die Prozesse der inneren Ionisation. Wir haben einfache Modifikationen der Ratenkoeffizienten benutzt, die es gestatten, den Einfluss der Erniedrigung der Ionisierungsenergien zu berücksichtigen. Die Ionisationspotentiale wurden dabei im Stewart-Pyatt-Modell betrachtet, das zwischen Debye-Modell und Ion-Sphären-Modell interpoliert. Ionisationspotentiale für verschiedene Ladungsstufen von Argon und Silber als Funktion von Dichte und Temperatur werden diskutiert.

In einem kinetischen Zugang zur Absorption wird die Bedeutung der kollektiven Resonanzabsorption gezeigt. Inneres Feld und dynamische Stoßfrequenz sind prinzipiell selbstkonsistent zu bestimmen. Betrachtet man lediglich Elektron-Ion-Stöße, so erhält man in der Nähe der Mie-Resonanz eine unphysikalische Überhöhung des inneren Feldes.

Als zusätzlicher Dämpfungsmechanismus werden Stöße der Elektronen mit der Clusteroberfläche betrachtet. Resultate werden für die Wechselwirkung von Silberclustern und von Argonclustern mit Laserpulsen der Wellenlänge 825nm vorgestellt.

[1] P. HILSE, M. MOLL, M. SCHLANGES, Th. BORNATH, Laser-Cluster Interaction in a Nanoplasma-Model with Inclusion of Lowered Ionization Energies, Laser Physics, accepted (2009); arXiv: 0809.3058v1

P 18.9 Mi 17:30 Foyer des IfP

Pressure broadening of Lyman-Lines in Dense Li^{2+} Plasmas — ●SONJA LORENZEN¹, AUGUST WIERLING¹, HEIDI REINHOLZ^{1,2}, and GERD RÖPKE¹ — ¹Institut für Physik, Universität Rostock, 18051 Rostock, Germany — ²University of Western Australia, Nedlands, WA 6009, Australia

Pressure broadening of Lyman-lines of hydrogen-like lithium is studied using a quantum statistical approach to the line shape in dense plasmas. We report line widths (FWHM) and shifts for Lyman- α , - β , and - γ in a wide range of densities ($n_e = 10^{24} - 10^{28} \text{ m}^{-3}$) at temperatures relevant for laser-produced lithium plasmas ($T = 10^5 \text{ K}$). We discuss the effect of different ionic microfield distributions and estimate the influence of ion dynamics. Special care is taken to account for strong collisions. The results are applied to measured spectra of lithium irradiated by a nanosecond laser pulse of moderate intensities ($I \approx 10^{11} - 10^{13} \text{ W/cm}^2$), see G. Schriever et al. [Applied Optics **37**, 1243 (1998), J. Appl. Phys. **83**, 4566 (1998)]. By matching synthetic spectra to the experimental ones, density and temperature conditions are inferred assuming the model of a one-dimensional uniform plasma slab. Self-absorption is accounted for and found to be important for Lyman- α . In this way, experimental spectra are overall reproduced. To describe remaining deviations in the line wings, it is essential to use a multilayer model adapted to density and temperature profiles from hydrodynamic expansion codes.

P 18.10 Mi 17:30 Foyer des IfP

Radiation Hydrodynamics of Laser-induced Plasmas using dynamic collision frequencies — ●PHILIPP SPERLING, AUGUST WIERLING, GERD RÖPKE, and MATHIAS WINKEL — Universität Rostock, Institut fuer Physik

Radiation Hydrodynamics of laser-induced Plasmas is usually treated by well-established hydrodynamic codes such as MEDUSA or MULTI. These codes require transport coefficients, e.g. the absorption coefficients or thermal conductivity, as inputs. Typically, Spitzer-Haerm-like expressions are used. However for high densities these expressions can not be applied and have to be replaced by more advanced expressions. In particular quantum effects and dynamical screening have to be accounted for in a systematic manner, see Reinholz et al. PRE 62, 5648 (2000). Here, we present results for a hydrodynamical calculation including these advanced collision frequencies. We also compare to earlier calculations with Spitzer-Haerm-like expressions.

P 18.11 Mi 17:30 Foyer des IfP

Collisions in EUTERPE code — ●KARLA KAUFFMANN and RALF KLEIBER — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Teilinstitut Greifswald

In stellarators, neoclassical transport is dominant in the core, therefore collisions are important. EUTERPE is a 3-D δf gyrokinetic PIC code which is currently collisionless. It is necessary, then, to add collisional effects to the δf method and to test its applicability. Some basic tests were performed, such as the Spitzer problem in a tokamak and radial neoclassical transport.

P 18.12 Mi 17:30 Foyer des IfP

Numerical study of the interaction between Alfvén waves and fast particles — ●TAMÁS BÉLA FEHÉR, AXEL KÖNIES, RALF KLEIBER, and ROMAN HATZKY — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Greifswald, Germany

Alfvén waves are commonly observed in tokamak and stellarator plasmas. There are weakly damped Alfvén eigenmodes which can become unstable by interaction with fast particles.

A hybrid approach i.e. a model combining fluid and kinetic parts is used to describe the wave-particle interaction in stellarator plasmas. Linearized reduced MHD equations with kinetic effects are used to describe the wave field. The particles are followed with the gyrokinetic PIC code EUTERPE. This approach aims at calculating the growth rate of the instability from the energy transfer between the particles and the wave, avoiding any approximations of the guiding center orbits.

P 18.13 Mi 17:30 Foyer des IfP

Time Series Analysis of Gyrokinetic Turbulence Data — ●HOLGER ANGENENT¹, FRANK JENKO², and RUDOLF FRIEDRICH¹ — ¹Institut für Theoretische Physik, WWU Münster, Germany — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, D-85748 Garching, Germany

Time series of gyrokinetic computations near critical ion temperature gradients show heavy fluctuations. A characterization of such data - in particular with respect to stationarity - under these circumstances is non-trivial. These parameter regimes are of significant relevance for tokamaks, however, whose gradients are close to the threshold of ion temperature gradient (ITG) modes. The time series, which are generated with the GENE code (www.ipp.mpg.de/~fsj/gene), are analyzed with respect to a criterion for stationarity and a basic mechanism describing a bifurcation related to the so-called Dimits upshift.

As a more simple model, a two dimensional fluid model is used. It shows the basic patterns in plasma turbulence. These are zonal flows for the case of ion temperature gradient driven turbulence (ITG), respectively streamers for electron temperature gradient driven turbulence (ETG). The influence of the patterns regarding the transport properties of massless tracer particles is investigated and compared with the GENE data.

P 18.14 Mi 17:30 Foyer des IfP

Towards a Better Understanding of Critical Ion Temperature Gradients in Tokamaks — ●JULIAN HÜSER¹, FRANK JENKO², and RUDOLF FRIEDRICH¹ — ¹Institut für Theoretische Physik, WWU Münster — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, D-85748 Garching, Germany

It is well known that tokamaks often exhibit ion temperature profiles whose gradients are close to the threshold of ion temperature gradient (ITG) modes. Thus, the ratio of the core to edge ion temperature is directly linked to the radial profile of this critical value. Since about 2000, it is also known that nonlinear effects can lead to a significant upshift of the threshold, an effect called Dimits shift. However, to date, the physics underlying this phenomenon is not well understood. The present work attempts to shed new light on the Dimits shift effect by means of nonlinear gyrokinetic simulations with the GENE code (www.ipp.mpg.de/~fsj/gene) along with dynamical systems analyses of the simulation data.

P 18.15 Mi 17:30 Foyer des IfP

Zonal flow generation in quasi 2D turbulence in magnetised plasmas and rapidly rotating planetary atmospheres — ●ANDREAS KAMMEL and KLAUS HALLATSCHKE — IPP-Garching, Boltzmannstr. 2, 85748 Garching

The interaction between drift waves and zonal flows in plasmas through Reynolds stresses is being examined in great detail using the two-fluid code NLET, thereby studying the structure of the flows, the median zonal flow width, possible stable states and the influence of the geometry of the magnetic field in fusion devices.

In a later stage, the development of a new numerical code for simulating the atmospheres of gas giants is being projected, with the aim of expanding the analysis above to include the hydrodynamic, planetary case, where the geostrophic modes act as the analogon to the drift waves, thereby allowing for a comparison between the two systems.

P 18.16 Mi 17:30 Foyer des IfP

Modeling Lagrangian MHD fluctuations — ●THORSTEN HATER, HOLGER HOMANN, MARTIN RIEKE, and RAINER GRAUER — Theoretische Physik I, Ruhr-Universität Bochum

Understanding and modeling magnetic field fluctuations in turbulent flows like the solar wind is of fundamental importance. Modeling magnetic field fluctuations such that the higher order statistical features are correctly captured opens a way to efficiently study questions like cosmic ray transport properties. Here, we present a model based on the Recent Fluid Deformation closure (RFD) introduced by Chevillard and Meneveau (2006, 2007) for the incompressible Navier-Stokes equations. We extend this theory to include kinematic magnetic field fluctuations and fluctuations of the gradient of passively transported quantities. Comparison of the PDFs of these fluctuations gives insight into the influence of the relevant stretching processes. PDFs of the modeling are also compared with PDFs obtained from high-resolution direct spectral simulations of Lagrangian turbulence. The agreement between modeling and direct simulations exceeded our expectations.

In addition, we started using graphics cards for spectral simulations. As a first example, long time Lagrangian statistics of the 2D inverse

cascade are simulated. Speed-ups of a factor 30 have been achieved compared to CPU computing.

P 18.17 Mi 17:30 Foyer des IfP

Multi-Ion kinetic model for coronal Loop — ●SOFIANE BOUROUAINE¹, CHRISTIAN VOCKS², and ECKART MARSCH¹ — ¹Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung, 37191 Katlenburg-Lindau, Germany — ²Astrophysikalisches Institut Potsdam, 14482 Potsdam, Germany

A multi-ion kinetic model for a coronal loop is presented, whereby ion heating in the magnetically confined plasma is achieved by absorption of ion-cyclotron waves. We assume that linear Alfvén/cyclotron waves penetrate the loop from its footpoint and directly heat the ions. Then due to electron-ion collisions the electrons can also be heated. Depending on the spatial variation of the mean magnetic field, the model is able to produce warm and hot model loops having features similar to the ones observed in extreme-ultraviolet and soft X-ray emissions in real coronal loops. Furthermore, it is found that a loop with high expansion factor is far from local thermal equilibrium (LTE) and shows remarkable temperature differences between electrons and ions. Also in such a case, the heavy ions (minor ions) are via resonant wave absorption heated more than the protons and helium ions (major background ions), whereby the cyclotron-resonance effect leads to a temperature anisotropy with $T_{\perp} > T_{\parallel}$. However, if the flux tube cross section is nearly homogeneous, temperature isotropy of the ions is maintained in most parts of the loop, and the plasma is nearly in LTE.

P 18.18 Mi 17:30 Foyer des IfP

Influence of reabsorption and trapping of radiation on the population of excited states in low-temperature plasma — ●SERGEY GORCHAKOV¹, DMITRY DEMCHUK², YURI GOLUBOVSKI², DETLEF LOFFHAGEN¹, ALEXANDER TIMOFEEV², and DIRK UHRLANDT¹ — ¹INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, D-17489 Greifswald, Germany — ²Saint-Petersburg State University, Ulyanovskaya 1, 198504 St. Petersburg, Russia

Reabsorption and trapping of radiation play an important role in gas discharge plasmas. The description of corresponding phenomena in numerical models follows from the solution of the radiation transport equation (Holstein-Biberman equation) [1]. The most promising solution method of this equation is the matrix method which is based on the transformation of the integral radiation transport operator into a system of linear algebraic equations. This contribution presents the further development of the matrix method. In particular, two situations have been considered: (i) the case of an inhomogeneous density distribution of absorbing atoms due to the gas heating, when the absorption coefficients which are dependent on the density of the ground state atoms and the width of the spectral line profile vary in space, and (ii) the case when the absorption coefficient is of the order of unity, i.e. the line profiles according to the relevant broadening mechanism have to be taken into account. First results are discussed and compared with those of conventional methods.

[1] T.Holstein, Phys. Rev. 72,1212 (1947); L. M. Biberman, Zh. Exp. Teor. Phys. 17, 416 (1947)

P 18.19 Mi 17:30 Foyer des IfP

Modellierung des Anodengebietes von freibrennenden Lichtbögen — ●SERGEY GORCHAKOV¹, ALEXANDER TIMOFEEV² und DIRK UHRLANDT¹ — ¹INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald, Germany — ²Saint-Petersburg State University, Ulyanovskaya 1, 198504 St. Petersburg, Russia

Freibrennende Lichtbögen finden zahlreiche industrielle Anwendungen, wie z.B. Schweißen, Plasmaspritzen und Abfallbearbeitung. Für eine Optimierung der Anlagen und der technologischen Prozesse ist ein Verständnis der physikalischen Vorgängen in den Randbereichen, u.a. in der Nähe von Elektroden notwendig. Eigenschaften des Plasmas in diesen Entladungsgebieten sind stark durch die Verdampfung des Elektrodenmaterials und deutliche Abweichungen vom lokalen thermischen Gleichgewicht charakterisiert. Für die Untersuchungen wurde ein Zweitemperatur-Mehrflüssigkeitsmodell des Anodengebietes von freibrennenden Lichtbögen entwickelt. Das Modell berücksichtigt die vom Gleichgewicht abweichende Gemischzusammensetzung, sowie die thermodynamischen und Transportkoeffizienten als Funktionen von der Elektronen- und Schwermetalltemperatur sowie des Metaldampfanteils im Gemisch. Die Energiebilanz der Anode wurde unter Berücksichtigung der Beiträge des Wärmeflusses aus dem Plasma, der Verdampfung des Elektrodenmaterials und der Ohmschen Heizung evaluiert. Die Ergebnisse für ein Argonplasma und die Elektrodenma-

terialien Kupfer und Eisen werden präsentiert und diskutiert.

P 18.20 Mi 17:30 Foyer des IfP

Analytische und numerische Untersuchungen zur Stabilität einer DC-Sauerstoffglimmentladung — ●BENJAMIN MAY, JOHANNES MARBACH, BERNDT BRUHN und ANDREAS RICHTER — Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald

In elektronegativen Plasmen des Sauerstoffs im Gleichstrombetrieb wird ein Übergang zwischen einem Entladungsmodus mit hohem axialen elektrischen Feld (H-Mode) zu einem mit geringem, zeitlich variierenden Feld (T-Mode) beobachtet. Bei diesem Übergang handelt es sich um eine attachment induzierte Instabilität, die wesentlich von den negativen Ionen verursacht wird.

Ausgehend von einem hydrodynamischen Modell [Paper zur Stabilität linear] werden nichtlineare Phänomene dieser Instabilität untersucht. Hierzu werden analytische Rechnungen zur Untersuchung der auftretenden Hopf-Verzweigung durchgeführt, wodurch die im Experiment beobachtete Hysterese zwischen dem Übergang von H- nach T-Mode erklärt werden könnte. Zusätzlich finden numerische Simulationen der Dynamik der nichtlinearen Wellen statt.

Die analytischen und numerischen Ergebnisse werden mit experimentellen Resultaten auch quantitativ verglichen.

P 18.21 Mi 17:30 Foyer des IfP

Einfluss elastischer Stöße auf die räumliche Dämpfung von elektrostatischen Elektronenwellen in Niederdruckplasmen — ●JENS OBERATH und RALF PETER BRINKMANN — Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, Ruhr-Universität Bochum

In technischen Niederdruckplasmen gibt es eine Vielzahl möglicher Wellen. Eine spezielle ist die elektrostatische Elektronenwelle, die beispielsweise durch einen Resonanzeffekt auftreten kann, wenn die Anregungsfrequenz in der Nähe der Elektronenplasmafrequenz liegt. Ein Phänomen, das diesem Resonanzeffekt zugrunde liegt, ist in der Literatur als Herlofson-Paradoxon [1] bekannt und ist bei Simulationen der Plasmaabsorptionssonde erkennbar [2].

Zur Untersuchung dieser Wellen setzen wir einen isotropisierenden Stoßterm für elastische Elektronen-Neutralteilchen-Stöße an. Dies erlaubt die Herleitung einer Dispersionsrelation für homogene longitudinale Wellen aus dem linearisierten Gleichungssystem von Boltzmann- und Poisson-Gleichung. Diese Relation beschreibt im stoßfreien Fall die räumlich Landau-Dämpfung und bietet die Möglichkeit den Einfluss der elastischen Elektronen-Neutralteilchen-Stöße auf die räumliche Dämpfung zu untersuchen.

[1] Barston E. M., Annals of Physics, Vol. 29, 282 (1964)

[2] Lapke M., et al., Appl. Phys. Lett. 90, 121502 (2007)

P 18.22 Mi 17:30 Foyer des IfP

Electric Microfield Distributions in Nonideal Two-Component Electron-Ion Plasmas with account of the ion structure — ●SALTANAT POLATOVNA SADKOVA¹, WERNER EBELING¹, ILYA VALUEV², and IGOR SOKOLOV¹ — ¹Humboldt-Universität zu Berlin, Newtonstraße 15, 12489 Berlin — ²Joint Institute for High Temperatures of RAS, 125412 Moscow

The electric microfields distribution (EMD) influences many elementary processes in plasma and its optic spectra (OS). In EMD calculations pseudopotentials play a crucial role (S. Sadykova et al., Contr. Plasma Phys. (CPP) 47, No. 10, 659 (2007)). There is a high interest in the inclusion of ion structure (shell) into the pseudopotential model (PM). One of the successful PMs of electron-ion-core interaction, pioneered by H. Hellmann (J. Chem. Phys 1935), V. Heine "Pseudopotential Theory" 1973, is the unscreened Hellmann-Gurskii-Krasko (HGK) PM (JETP 10, 363 (1969)). We calculate EMD acting on ions, electrons using Ortner's et al.(CPP. 40 (2000)), Iglesias's methods (Phys. Rev. A 27, 2705 (1983)) and Molecular Dynamics tool for the non-ideal two-component H^+ , Li^{1+} , Li^{2+} plasmas in a frame of corrected Kelbg (W. Ebeling CPP 39, 61 (1999)), HGK and screened HGK PMs at different plasma parameters (PP) and pay special attention to the behaviour of EMD tails. On a base of work (Yu. Arkipov Eur. Phys. J. D 2000), we derive the analytical expressions for Fourier transform of the screened HGK which allow to calculate EMD in a wide range of PP. The results of calculations are found in a good agreement with the earlier published theoretical as well as experimental results of OS.

P 18.23 Mi 17:30 Foyer des IfP

Stability and dynamics of relativistic solitons — ●GÖTZ ALEXANDER LEHMANN, ERNST WOLFGANG LAEDKE, and KARL-HEINZ SPATSCHEK — Institut für Theoretische Physik I, 40225 Düsseldorf,

Germany

The creation of slow moving relativistic solitary structures from high intensity laser radiation interacting with plasma has been demonstrated in various experiments and simulations. Considerable amounts of the laser radiation, up to 40%, are predicted to become trapped in these cavities. We discuss the stability of solitons by numerical simulations. The solitons are stationary solutions of the Maxwell-fluid equations and model trapped high intensity radiation. The structure of the most unstable mode and its growth rate are determined by our stability analysis technique. Within a one-dimensional (1D) model the stability of circular and linear polarized solitons is investigated. Different types of instabilities are found and quantified. Nonlinear 1D simulations of unstable solitons show excitation of a wake-field and subsequent wave-breaking as part of the unstable dynamics. In order to explain the instability of the excited electrostatic wave, we refine existing wave-breaking criteria. To allow for transversal perturbations we discuss the stability of circular polarized solitons in 2D geometry. All studied solitons turn out to suffer from transversal instability. It is demonstrated that the transversal instability dominates the longitudinal instability.

P 18.24 Mi 17:30 Foyer des IfP

Density profile of confined charged particles — JEFFRY WRIGHTON¹, JAMES DUFTY¹, CHRISTIAN HENNING², ●MICHAEL BONITZ², and HANNO KÄHLERT² — ¹Department of Physics, University of Florida, Gainesville, FL 32611 — ²Institut für Theoretische Physik und Astrophysik, Christian-Albrechts Universität zu Kiel, 24098 Kiel

The density profile of a finite number of identical classical charged particles confined in a trapping potential is computed analytically and numerically. The results bridge the gap between the temperature limit given by the Boltzmann factor and the ground state result [1,2] given by a step profile. Preliminary results in mean-field approximation [3] are discussed further, and then extended to include strong correlations in the framework of the hypernetted chain approximation.

[1] C. Henning, H. Baumgartner, A. Piel, P. Ludwig, V. Golubnychiy, M. Bonitz, and D. Block, Phys. Rev. E 74, 056403 (2006)

[2] C. Henning, P. Ludwig, A. Filinov, A. Piel, and M. Bonitz, Phys. Rev. E 76, 036404 (2007)

[3] J. Wrighton, J.W. Dufty, C. Henning, and M. Bonitz, J. Phys. A (in press); arXiv:0809.3071.

P 18.25 Mi 17:30 Foyer des IfP

Quantum breathing mode of charged fermions and bosons at arbitrary coupling — SEBASTIAN BAUCH, KARSTEN BALZER, CHRISTIAN HENNING, DAVID HOCHSTUHL, and ●MICHAEL BONITZ — Christian-Albrechts-Universität Kiel, Institut für Theoretische Physik und Astrophysik, Leibnizstraße 15, 24098 Kiel, Germany

We present a detailed analysis of the quantum breathing behavior of few-particle Coulomb systems in one- and two-dimensional harmonic traps. While the behavior in limiting cases, the *classical* limit and the *ideal* quantum limit, are well-known [e.g. 1, 2], we report a smooth transition behavior in between by variation of the relative interaction strength. We further show, that spin-statistic effects, i.e. the symmetry of the wave function, play an important role. We solve the many particle Schrödinger equation and compare with mean-field Hartree Fock calculations. The numerically obtained results may serve as an experimental tool to probe small interacting quantum systems.

[1] C. Henning, K. Fujioka, P. Ludwig, A. Piel, A. Melzer and M. Bonitz, Phys. Rev. Lett. **101**, 045002 (2008)

[2] M. R. Geller and G. Vignale, Phys. Rev. B **53**, 6979 (1996)

P 18.26 Mi 17:30 Foyer des IfP

Few-electron quantum dots within a nonequilibrium Green's functions study — KARSTEN BALZER, DAVID HOCHSTUHL, and ●MICHAEL BONITZ — Institut für Theoretische Physik und Astrophysik, Christian-Albrechts-Universität Kiel, Leibnizstrasse 15, 24098 Kiel, Germany

Carrier-carrier correlations in few-electron quantum dots (QDs)—artificial atoms [1] with parabolic confinement—are studied by means of nonequilibrium Green's functions (NEGF) theory. Starting from an (un)restricted Hartree-Fock reference state, the Dyson equation is solved in the time domain [2] at zero and finite temperatures including 2nd Born and GW interaction kernels. We focus on strongly correlated QDs, the electron density in which is tunable by the strength of the confining potential. Considering system sizes with up to 12 elec-

trons in one- and two-dimensional confinements, the computed ground state and equilibrium properties incorporate the self-consistent total energies, the single-carrier densities, the orbital-resolved distribution functions as well as the one-electron spectral functions [2]. The comparison of the results with Configuration Interaction [3,4] and path integral Monte Carlo [4,5] comprises the crossover from Fermi liquid to Wigner molecule or crystal behavior [5] and reveals good agreement with the NEGF approach.

[1] R.C. Ashoori, Nature 379, 413 (1996). [2] K. Balzer et al., submitted to Phys. Rev. B (2008). [3] B. Reusch et al., Phys. Rev. B 63, 113313 (2001). [4] M. Rontani et al., J. Chem. Phys. 124, 11 (2006). [5] A.V. Filinov et al., Phys. Rev. Lett. 86, 17 (2001).

P 18.27 Mi 17:30 Foyer des IfP

Kinetic Modelling of PECVD of Boron Nitride Films — YA TING WU¹, JENS MATHEIS², and ●ACHIM LUNK² — ¹Shanghai Jiao-tong University, PR China — ²Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart

Using PECVD for BN deposition more than hundred reaction equations must be taken into account and the reaction paths are very complex in a system with the educts B/H/X/N/Ar (X=F, Cl, Br, I). Therefore it takes advantage if modelling of the processes can be performed parallel to experimental investigations. In the paper following reactions are considered: neutral-neutral-, electron-neutral- and ion-neutral-processes in the volume as well as on the surface. Modelling was performed with the Plasma-PSR-module of the software Chemkin-Pro. It allows the introduction of different temperatures for the species in the description of plasma initiated reactions. For comparison of data resulting from our own experiments and from kinetic modelling we started with the simple system B/N/Ar at different plasma condi-

tions. While at equilibrium conditions the influence of plasma can be neglected up to temperatures of 2500 K in kinetic modelling dissociation, ionisation and excitation play an important role. From analysis of results of kinetic modelling, the main process in BN deposition in the system B/N/Ar seems to be the dissociation of nitrogen molecules by electron impact and the reaction of atomic nitrogen with boron on the surface.

P 18.28 Mi 17:30 Foyer des IfP

Weibel instability of a relativistic electron beam in quasi-neutral plasma — ●ANUPAM KARMAKAR¹, NAVEEN KUMAR², ALEXANDER PUKHOV², OLEG POLOMAROV³, and GENNADY SHVETS³ — ¹Institute for Advanced Simulation, Jülich Supercomputing Centre, Forschungszentrum Jülich GmbH, D-52425, Germany — ²Institut für Theoretische Physik I, Heinrich-Heine-Universität, Düsseldorf, D-40225, Germany — ³Institute for Fusion Studies, University of Texas at Austin, One University Station, Austin, TX 78712, USA

A new model describing the Weibel instability of a relativistic electron beam propagating through a resistive plasma is developed. For finite-temperature beams, a new class of negative energy magneto-sound waves is identified, whose growth due to collisional dissipation destabilizes the beam-plasma system even for high beam temperatures. We perform 2D and 3D particle-in-cell (PIC) simulations to study the filamentary structures and associated electromagnetic fields and show that in 3D geometry, the Weibel instability persists even for collisionless background plasma. The effects of beam temperature and collisions on the filamentary structures generated in 3D simulations have distinctly been examined. The anomalous plasma resistivity in 3D is caused by the two-stream instability.

P 19: Poster: Sonstiges

Zeit: Mittwoch 17:30–19:30

Raum: Foyer des IfP

P 19.1 Mi 17:30 Foyer des IfP

Investigation of Space-Charge Phenomena in Gas-Filled Penning Trap — ●MARTIN BREITENFELDT¹, SVEN STURM², KLAUS BLAUM³, ALEXANDER HERLERT⁴, and LUTZ SCHWEIKHARD¹ — ¹Ernst-Moritz-Arndt-Universität, Greifswald, Germany — ²Johannes Gutenberg-Universität, Mainz, Germany — ³MPI für Kernphysik, Heidelberg, Germany — ⁴CERN, Geneva, Switzerland

The centering of ions in Penning traps by a quadrupolar radiofrequency excitation in the presence of a buffer gas has been studied in the regime of high charge densities. It is found to deviate significantly from the single-particle situation. In particular, the efficiency of the cooling process is affected as well as the resolving power. The behavior has been studied experimentally at the preparation Penning trap of the ISOLTRAP setup located at the on-line mass separator ISOLDE at CERN. In addition, the phenomenon has been investigated numerically by a custom-designed simulation.

P 19.2 Mi 17:30 Foyer des IfP

Experimentelle Untersuchungen zur Zyklotrondämpfung von Whistlerwellen — ●JÖRG PFANNMÖLLER¹, OLAF GRULKE^{1,2}, KONRAD SAUER³ und THOMAS KLINGER^{1,2} — ¹MPI für Plasma Physik, Euratom Assoziation, Greifswald — ²Ernst-Moritz-Arndt Universität, Greifswald — ³University of Alberta, Edmonton, Canada

Neben der Dämpfung von Whistlerwellen durch Stöße in Niedertemperaturplasmen ist auch die stoßfreie Dämpfung von wesentlicher Bedeutung. Hierbei wird Energie von der Welle an Plasmateilchen übertragen, die in Resonanz mit der Welle sind. Ein Mechanismus der stoßfreien Dämpfung ist die Zyklotrondämpfung, deren Resonanzbedingung gegeben ist durch $\frac{\omega_{ce}-\omega}{kv_{th}} \approx 1$, wobei ω_{ce} die Elektronen-Zyklotronfrequenz ist und ω, k die Frequenz und Wellenzahl der Whistlerwelle sind. Die Untersuchungen wurden im linearen Plasmaexperiment VINETA durchgeführt. Die Whistlerwelle wird durch eine in das Plasma eingebrachte Antenne im Frequenzbereich $\omega < \omega_{ce}$ angeregt und ihre Dispersion parallel zum Magnetfeld mittels \vec{B} -Sonden gemessen. Es wurde eine erhöhte Dämpfung von Whistlerwellen bei Frequenzen oberhalb von $\frac{\omega_{ce}}{2}$ beobachtet, die nicht durch Stöße erklärbar ist und deren Frequenzabhängigkeit auf Zyklotrondämpfung hinweist. Die Abhängigkeit der Dämpfung vom Plasma- β der Elektronen wird dargestellt. Die experimentellen Ergebnisse werden mit Lösungen der

kinetischen Dispersionstheorie (Vlasov-Theorie) verglichen.

P 19.3 Mi 17:30 Foyer des IfP

Plasmaspiegel zur Pulskontrastverbesserung an 10-Hz TW-Lasersystemen — ●CHRISTIAN RÖDEL, MARTIN HEYER, OLIVER JÄCKEL, WOLFGANG ZIEGLER und GERHARD G. PAULUS — Institut für Optik und Quantenelektronik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Max-Wien-Platz 1, 07743 Jena, Germany

Zahlreiche Anwendungen von Tera- und Petawatt-Lasern erfordern extrem hohen Pulscontrast. Plasmaspiegel sind geeignet, diesen um mehrere Größenordnungen zu verbessern. Dazu wird der Puls moderat auf eine entspiegelte Oberfläche fokussiert. Der Vorpuls wird transmittiert, während der Hauptpuls die Oberfläche ionisiert und an dem dabei entstehenden Plasma reflektiert wird. Durch die Einführung verschiedener Verbesserungen haben wir das Konzept so optimiert, dass ein ökonomischer Betrieb bei nahezu der vollen Pulsrepetitionsrate von 10 Hz möglich wird.

P 19.4 Mi 17:30 Foyer des IfP

Anionic metal clusters as probes for electron ensembles stored in a Penning trap — NOELLE WALSH¹, ALEXANDER HERLERT², FRANKLIN MARTINEZ¹, GERRIT MARX¹, and ●LUTZ SCHWEIKHARD¹ — ¹Inst. of Physics, University of Greifswald, Germany — ²CERN, Geneva, Switzerland

In an effort to extend the field of gas-phase metal clusters (small particles consisting of a few up to a few hundred atoms) a method to create poli-anionic species by electron attachment to monoanions stored in a Penning trap has been introduced. To this end the clusters are stored within an "electron bath". On the other hand the conversion yield from singly-charged clusters to higher charge states can be used to characterize the simultaneously stored electron ensemble. The experiments include the determination of resonance frequencies of both the clusters and the electrons (indicating space-charge effects) as well as the relative intensities of the different charge states as a function of time. From this temporal behavior information about the equilibration of the motional modes of the electrons can be deduced.

P 19.5 Mi 17:30 Foyer des IfP

Multi-stage laser ion acceleration — ●JENS POLZ¹, OLIVER

JÄCKEL¹, SEBASTIAN M. PFOTENHAUER¹, HANS-PETER SCHLENOVOIGT¹, JENS HEYMAN¹, MALTE C. KALUZA¹, ALEXANDER SÄVERT¹, AMRUTHA GOPAL¹, SVEN STEINKE², and ALEX P. L. ROBINSON³ — ¹Institut für Optik und Quantenelektronik, Jena, Germany — ²Max-Born-Institut, Berlin, Germany — ³Rutherford Appleton Laboratory, Chilton, UK

During the last years, high-intensity lasers have shown to be a promising candidate for the production of high-energy particle beams. So far, the peak particle energy was limited by the available laser power. To overcome this limitation, staged acceleration schemes have been

proposed. Here, we report the first experimental realization of such a staged acceleration. A proton population exhibiting a thermal energy spectrum was produced via target-normal sheath acceleration (TNSA) during the interaction of one part of the 10-TW JETI laser pulse with a thin foil. This proton beam propagated towards a second foil, where the second part of the laser generated a second TNSA field. This second field spectrally modulated the proton pulse, boosting a part of the population to higher energies. These results have been verified by numerical simulations. They clearly show that by applying staged acceleration schemes, one can overcome the limitations in peak energy set by the laser power.

P 20: Hauptvorträge Lauber, Krämer-Flecken

Zeit: Donnerstag 11:10–12:10

Raum: HS Biochemie (groß)

Hauptvortrag P 20.1 Do 11:10 HS Biochemie (groß)
Fast-particle-driven modes in fusion plasmas — ●PHILIPP LAUBER, SIBYLLE GUENTER, MICHAEL BRUEDGAM, MANUEL GARCIA-MUNOZ, VALENTIN IGOCHINE, and MARK MARASCHEK — Max-Planck-Institut fuer Plasmaphysik, Boltzmannstr 2, 85748 Garching

On the way to a comprehensive understanding of the properties of a burning plasma the physics of super-thermal particles due to external heating and fusion reactions plays a key role. Therefore, dedicated experimental investigations in this field on present day tokamaks and their theoretical understanding and modelling are an important step not only for ITER but also for a future reactor device.

Especially Alfvén and Alfvén-acoustic type instabilities are predicted to strongly interact with the fast particle population and to contribute critically to the radial redistribution of the energetic ions. Consequently, the drive, the damping and the saturation mechanisms of these modes need to be studied carefully.

In order to investigate the properties of these modes and carry out detailed comparisons to experimental measurements at ASDEX-Upgrade and other tokamaks, a linear gyrokinetic eigenvalue code is employed. In addition to a non-perturbative treatment of the fast particles it includes full background kinetic effects and therefore allows to calculate both growth and damping rates of kinetically modified low-n MHD modes. Moreover, also mid-n kinetic modes in the coupling regime of shear Alfvén, ion acoustic and drift waves can be examined. For the non-linear evolution, a drift-kinetic hybrid code is used.

Hauptvortrag P 20.2 Do 11:40 HS Biochemie (groß)

Overview on turbulence generated zonal flow shear — ●ANDREAS KRÄMER-FLECKEN — IEF-4, Forschungszentrum Jülich, 53425 Jülich, Germany

It is a well accepted conception that small scale turbulent structures can form large scale coherent structures (e.g. zonal flows) via an inverse energy cascade. Examples of inverse energy cascades which lead to the generation of zonal flows can be found in the earth atmosphere, the oceans, planets and in numerous laboratory experiments. The zonal flows create transport barriers and influence the confinement. In plasma physics zonal flows play a crucial role in the regulation of anomalous transport. They are supposed to be the key for a better understanding of transport properties and a starting point for better control of particle- and energy transport with the aim to improve plasma scenarios for future devices as ITER.

Zonal flows are supposed to be generated by Reynolds stresses which itself are produced by drift waves, which can be treated as short lived eddies. The generated shear flow is retroactive on the background turbulence by reducing the eddy lifetime. Compared to the timescale of the turbulence zonal flows vary on a slow timescale.

Beside mean zonal flows the radial decrease of the magnetic field in fusion plasmas causes a nonuniform $E \times B$ flow which produces pressure asymmetries the geodesic acoustic mode. This mode appears at the plasma edge and is studied in large detail on different fusion devices amongst them at TEXTOR. The properties of the mode are discussed and the generation mechanism.

P 21: Magnetischer Einschluss II

Zeit: Donnerstag 12:10–12:50

Raum: INP-Staffelgeschoß

Fachvortrag P 21.1 Do 12:10 INP-Staffelgeschoß
Verbessertes Einschluss bei "Stickstoff-Kühlung" in ASDEX Upgrade mit Wolframwand — ●JOSEF SCHWEINZER¹, ARNE KALLENBACH¹, ADRIANUS C.C. SIPS², COSTANZA MAGGI¹, THOMAS PÜTTERICH¹ und DAS ASDEX UPGRADE TEAM¹ — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, Boltzmannstr. 2, 85748 Garching — ²EFDA Close Support Unit, Culham Science Centre, Abingdon, UK

Ein zukünftiger Fusionsreaktor wird sehr wahrscheinlich Wolfram als Wandmaterial verwenden. Dieses Material wird derzeit am Garching Tokamak ASDEX Upgrade auf seine Plasmakompatibilität untersucht. Ein wesentliches Ziel ist es zu zeigen, dass auch "verbesserte H-Moden" mit einer Wolframwand möglich sind. Solche "verbesserten H-Moden" zeigen Energieeinschluss über typischem H-Mode-Niveau und eröffnen den Weg in ITER entweder zu langen Plasmaentladungen mit H-Mode Energieeinschluss oder zu erhöhter Performance. Solche Szenarien erfordern hohe Heizleistungen, was schnell das Erreichen der thermischen Belastungsgrenze des Divertors insbesondere nach Borierungen zur Folge hat. Durch geregeltes Einblasen von Stickstoff konnte eine Reduktion der Temperatur des Divertorplasmas erzielt werden. Erstaunlicherweise wurde durch diese zum Schutz der Wolframwand eingeführte Maßnahme, auch der Energieeinschluss positiv beeinflusst. Letzterer erhöhte sich auf H-Faktoren von 1.25 und überschritt damit die besten Werte, die in einer Kohlenstoff-dominierten Maschine in den

Jahren 2002 - 2006 erzielt wurden.

P 21.2 Do 12:35 INP-Staffelgeschoß
Eisentransport in resonant magnetisch gestörten Plasmen des TEXTOR-DED — ●ALBERT GREICHE¹, GÜNTER BERTSCHINGER¹, WOLFGANG BIEL¹, RAINER BURHENN², YUNFENG LIANG¹, OLEKSANDR MARCHUK¹, OLIVER SCHMITZ¹, ROBERT WOLF² und DAS TEXTOR-TEAM¹ — ¹Institut für Energieforschung - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, Assoziation EURATOM-FZJ, Partner im Trilateralen Euregio Cluster, D-52425 Jülich, Deutschland — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Assoziation EURATOM-IPP, D-17491 Greifswald, Deutschland

Der Einschluss eines Deuterium-Plasmas in einem Tokamak erfolgt durch ein helikales Magnetfeld. Durch den Kontakt mit der Wand werden Verunreinigungen abgelöst, die in das zentrale Plasma eindringen können. Diese Verunreinigungen kühlen bzw. verdünnen das Plasma, was in einem zukünftigen Fusionsreaktor die Fusionsrate herabsetzt.

Am Tokamak TEXTOR-DED kann man die einschließenden Magnetfelder mit Hilfe des dynamischen ergodischen Divertors resonant stören. Dabei beobachtet man eine Reduktion der Verunreinigungskonzentration, wobei die Konzentration des Eisens stärker abnimmt als die der leichteren Elemente. Außerdem ändert sich die radiale Verteilung der Eisenionen im Plasma. Eine Simulation der Eisenverteilung im Transportgleichgewicht mit dem Transport Code STRAHL kann

die beobachteten Änderungen nicht erklären. Die einzige plausible Erklärung ist eine Änderung des Eisentransports durch die resonante

magnetische Störung.

P 22: Theorie/Modellierung II

Zeit: Donnerstag 12:10–13:05

Raum: HS Biochemie (groß)

Fachvortrag P 22.1 Do 12:10 HS Biochemie (groß)
Nonlinear MHD dynamo simulations in spherical geometry
 — ●KLAUS REUTER and FRANK JENKO — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik

The MHD dynamo process is commonly believed to cause e.g. planetary and stellar magnetic fields. In recent years, several experiments which use turbulent flows of liquid sodium were performed to study dynamo action in the laboratory. We present numerical simulations of a mechanically driven, electrically conducting flow in spherical geometry which consists of two counter-rotating flow cells, similar to the flow realized in the Madison Dynamo Experiment. The aims of these studies are to better understand the underlying physics and to possibly optimize the experimental setup.

At low Reynolds numbers Re , a hydrodynamic instability gives rise to propagating wave features which can either support or hinder dynamo action, depending on their spatio-temporal properties. Turbulent fluctuations which appear at higher Re strongly inhibit the dynamo process. The resulting critical magnetic Reynolds number $Rm_c(Re)$ above which magnetic field amplification sets in is presented.

Finally, it is shown that the turbulent flow allows for subcritical dynamo action. These subcritical dynamo states can either be reached by suddenly reducing the magnetic Reynolds number of the fluid, or by applying external finite amplitude magnetic fields. The latter finding may be useful for the dynamo experiment to reach self-excitation.

P 22.2 Do 12:35 HS Biochemie (groß)

The saturation of the electron beam filamentation instability by the self-generated magnetic field and magnetic pressure gradient-driven electric field — ●MARK ERIC DIECKMANN^{1,2}, GEORGE ROWLANDS³, IOANNIS KOURAKIS⁴, and MARCO BORGHESE⁴ —
¹Department of Science and Technology, Linköping University, Sweden —
²Institut fuer Theoretische Physik IV, Ruhr-Universität Bochum —
³Physics Department, Warwick University, U.K. —
⁴Centre for Plasma Physics, Queen's University Belfast, U.K.

Two counter-propagating cool and equally dense electron beams are modelled with PIC simulations. The filamentation instability is examined in one spatial dimension. The box length resolves one pair of

current filaments. It is demonstrated, that the force on the electrons imposed by the electrostatic field, which develops during the nonlinear stage of the instability, oscillates around a mean value that equals the magnetic pressure gradient force. The forces acting on the electrons due to the electrostatic and the magnetic field have a similar strength. The electrostatic field reduces the confining force close to the stable equilibrium of each filament and increases it farther away. The confining potential is not sinusoidal, and it permits an overlap of current filaments with an opposite flow direction. The scaling of the saturation amplitude of the magnetic field with the filament size differs from that expected from the magnetic trapping model. The latter nevertheless gives a good estimate for the magnetic saturation amplitude.

P 22.3 Do 12:50 HS Biochemie (groß)

Elektronenstrahl-angeregte Whistler-Oszillationen: Theorie und PIC-Simulationen — ●KONRAD SAUER und RICHARD SYDORA — University of Alberta, Edmonton, Alberta, Canada

Die Anregung von Whistlerwellen durch eine Elektronen-Temperaturanisotropie mit $T_{e\perp} > T_{e\parallel}$ ist in der Literatur gut untersucht worden. Komplizierter sind die Verhältnisse bei Instabilitäten durch (isotrope) Elektronenstrahlen, da Whistler nur bei Ausbreitung schief zum Magnetfeld instabil werden und eine umfassendere Dispersionsanalyse erfordern. Je nach Geschwindigkeit des Strahls V_b in bezug auf die Elektronen-Alfvengeschwindigkeit V_{Ae} können zwei unterschiedliche Mechanismen der Strahl-Plasma-Wechselwirkung auftreten. Im Fall $V_b \leq 0.5 \cdot V_{Ae}$ kommt es zur Wechselwirkung der Strahlmode $\omega - k_{\parallel} V_b$ mit der Whistlerwelle (Cherenkov-Instabilität). Bei Strahlgeschwindigkeiten oberhalb von $V_b \sim 2V_{Ae}$ wird die Instabilität durch die Doppler-verschobene Mode $\omega = -\Omega_e + k_{\parallel} V_b$ verursacht (zyklotron-artige Instabilität). Untersuchungen über die raum-zeitliche Entwicklung beider Instabilitäten bis zum Erreichen eines quasi-stationären Zustandes erfolgt mit Hilfe von 1D PIC- (particle in-cell) Simulationen. Im Ergebnis zeigt sich, dass die quasi-stationären Strukturen in ihren Eigenschaften mit denen von Whistler-Oszillationen übereinstimmen, die man als stationäre nichtlineare Lösungen der zugehörigen Fluidgleichungen erhält. Jüngste Satelliten-Messungen kohärenter Whistler-Emissionen in Winkelbereichen um etwa 50° zum Magnetfeld werden auf der Basis dieser Ergebnisse interpretiert.