

PLASMAPHYSIK (P)

Prof. Dr. Alexander Piel

Institut für Experimentelle und Angewandte Physik
Christian-Albrechts-Universität Kiel
24098 Kiel
E-Mail: piel@physik.uni-kiel.de

ÜBERSICHT DER HAUPTVORTRÄGE UND FACHSITZUNGEN (Hörsäle HU 3038 und HU 3059)

Hauptvorträge

P 1.1	Fr	10:15	(HU 3038)	Perspectives of Industrial Plasma Applications , <u>Gerrit Kroesen</u>
P 4.1	Fr	14:00	(HU 3038)	Plasmakatalytische Prozesse bei Atmosphärendruck , <u>Thomas Hammer</u> , Thomas Kappes
P 10.1	Sa	10:15	(HU 3038)	Low Temperature Plasma Processes for Biomedical Applications , <u>Pietro Favia</u>
P 13.1	Sa	14:00	(HU 3038)	Universelles Verhalten selbstorganisierter Strukturen in planaren Gasentladungssystemen , <u>Hans-Georg Purwins</u>
P 15.1	Mo	10:15	(HU 3038)	Staub in Plasmen , <u>Jörg Winter</u>
P 18.1	Mo	14:00	(HU 3038)	Nichtlineare Dynamik stochastischer und relativistischer Plasmen: Theorie und Anwendungen , <u>Karl Heinz Spatschek</u>
P 22.1	Di	10:15	(HU 3038)	Fusion Physics Toward ITER , <u>R. D. Stambaugh</u>

Fachsitzungen

P 1	Hauptvortrag (G. Kroesen)	Fr	10:15–11:00	HU 3038	P 1.1–1.1
P 2	Niedertemperaturplasmen / Plasmatechnologie 1	Fr	11:00–12:30	HU 3038	P 2.1–2.5
P 3	Diagnostik 1	Fr	11:00–12:30	HU 3059	P 3.1–3.5
P 4	Hauptvortrag (Th. Hammer)	Fr	14:00–14:45	HU 3038	P 4.1–4.1
P 5	Niedertemperaturplasmen / Plasmatechnologie 2	Fr	14:45–15:45	HU 3038	P 5.1–5.4
P 6	Diagnostik 2	Fr	14:45–16:00	HU 3059	P 6.1–6.4
P 7	Poster: Niedertemperaturplasmen / Plasmatechnologie 3, Diagnostik 3	Fr	16:30–18:30	Poster HU	P 7.1–7.20
P 8	Niedertemperaturplasmen / Plasmatechnologie 4	Sa	08:30–09:45	HU 3038	P 8.1–8.4
P 9	Schwerionen- und lasererzeugte Plasmen 1	Sa	08:30–09:45	HU 3059	P 9.1–9.4
P 10	Hauptvortrag (P. Favia)	Sa	10:15–11:00	HU 3038	P 10.1–10.1
P 11	Niedertemperaturplasmen / Plasmatechnologie 5	Sa	11:00–12:45	HU 3038	P 11.1–11.6
P 12	Plasma-Wand Wechselwirkung 1	Sa	11:00–12:15	HU 3059	P 12.1–12.5
P 13	Hauptvortrag (H.-G. Purwins)	Sa	14:00–14:45	HU 3038	P 13.1–13.1
P 14	Poster: Niedertemperaturplasmen / Plasmatechnologie 6, Diagnostik 4	Sa	14:45–16:45	Poster HU	P 14.1–14.25
P 15	Hauptvortrag (J. Winter)	Mo	10:15–11:00	HU 3038	P 15.1–15.1
P 16	Magnetischer Einschluß 1	Mo	11:00–12:45	HU 3038	P 16.1–16.6
P 17	Staubige Plasmen 1	Mo	11:00–12:45	HU 3059	P 17.1–17.6
P 18	Hauptvortrag (K.H. Spatschek)	Mo	14:00–14:45	HU 3038	P 18.1–18.1
P 19	Magnetischer Einschluß 2	Mo	14:45–16:00	HU 3038	P 19.1–19.5
P 20	Theorie 1	Mo	14:45–16:00	HU 3059	P 20.1–20.5

P 21	Poster: Plasma-Wand Wechselwirkung 2, Theorie 2, Dichte Plasmen 1, Schwerionen- und lasererzeugte Plasmen 2	Mo 16:30–18:30	Poster HU	P 21.1–21.24
P 22	Hauptvortrag (R.D. Stambaugh)	Di 10:15–11:00	HU 3038	P 22.1–22.1
P 23	Poster: Magnetischer Einschluf 3, Staubige Plasmen 2, Astrophysikalische Plasmen 1	Di 16:30–18:30	Poster HU	P 23.1–23.24
P 24	Plasma-Wand Wechselwirkung 3	Mi 11:00–12:30	HU 3038	P 24.1–24.6
P 25	Dichte Plasmen 2	Mi 11:00–12:15	HU 3059	P 25.1–25.4

Mitgliederversammlung des Fachverbands Plasmaphysik

Di 12:30–13:15 HU 3038

Tagesordnung:

TOP 1: Bericht des Vorsitzenden

TOP 2: Wahlen

TOP 3: Tagungsorte 2006 und 2007

TOP 4: Verschiedenes

Fachsitzungen

– Haupt-, Fach-, Kurvvorträge und Posterbeiträge –

P 1 Hauptvortrag (G. Kroesen)

Zeit: Freitag 10:15–11:00

Raum: HU 3038

Hauptvortrag

P 1.1 Fr 10:15 HU 3038

Perspectives of Industrial Plasma Applications — •GERRIT KROESEN — Eindhoven University of Technology

Many branches of industry could not exist without plasma technology. One needs only to think of examples like electrostatic dust precipitators in electrical power plants, plasma-mediated abatement of hazardous gases and liquids, corona plasmas in copiers and laser printers, plasma etching machines in micro-electronics, plasma treatment of textiles and metals, plasma based lamps, E-UV radiation sources, excimer lasers used for cutting and machining, plasma spraying of high-value coatings, plasma welding, production of synthetic diamonds, plasma based extraction of iron

from ore, generation of unprecedented nanostructured materials, innovative plasma-based medical treatments, plasma's integrated in MEM's, and plasma deposition of coatings for solar cells, architectural glass, mirrors, plastic electronics, CD's and DVD's, etc. In some of these areas the technology is mature, some are only emerging now. Usually, a maturity of the technology occurs at the same time as a maturity of the science of the related plasma regime. Especially in the last 10 years, in many areas of the field of plasma physics, science has been leading technology. These areas offer the most challenging perspectives for the future. The talk will give an overview of the broad area of plasma technology. Key developments and still missing science and technology will be identified.

P 2 Niedertemperaturplasmen / Plasmatechnologie 1

Zeit: Freitag 11:00–12:30

Raum: HU 3038

Fachvortrag

P 2.1 Fr 11:00 HU 3038

UHP Lamps for Projection Systems — •PAVEL PEKARSKI, ULRICH HECHTFISCHER, HOLGER MOENCH, and ULRICH WEICHMANN — Philips Research Laboratories, Weisshausstr.2, D-52066 Aachen, Germany

UHP (Ultra High Performance) lamp is a key component for projection systems that allows to achieve highest efficiency for small display sizes. This broadband light source with luminance well above the brightness of the sun (1Gcd) and lifetimes of over 10000 hours is the standard for most commercially available front and rear projectors. Essential features of UHP are mercury pressure above 200 bar (needed for a good spectrum and high burning voltage at small electrode distances) and the implementation of a chemical cycle which keeps the wall clear over thousands of hours of lamp operation. In addition, the UHP electrodes have to deal with current densities of 10kAcm^{-2} and heat loads of 100kWcm^{-2} . It is a major task of UHP electrode design to handle this heat load and realize an electrode temperature low enough to reduce electrode burn-back to a minimum so that the required short arc length is maintained. This talk will span the bridge from projection application requirements to actual plasma lamp research.

P 2.2 Fr 11:30 HU 3038

Study of the Hg line at 185 nm during the warm-up of a high-pressure discharge lamp — •ST. FRANKE, H. LANGE, H. SCHNEIDENBACH, and H. SCHÖPP — INP Greifswald, F.-L.-Jahn-Str. 19, D-17489 Greifswald, Germany

The mercury line at 185 nm is of essential importance for the energy balance of high-pressure discharge lamps. Therefore it is necessary to be able to model this line in a correct way using realistic broadening constants. With a VUV-spectrometer the mercury line was measured using a discharge tube made of UV-transmitting quartz. The observed intensities were corrected with respect to the absorption of UV-light by the quartz wall. Looking at the warm-up phase of the high-pressure discharge the establishment of the self-reversion can be observed and contributions to the spectrum around the Hg 185 nm line can be discussed. Taking broadening constants from the literature the validity of these constants is checked by model calculations of the radiation transport.

P 2.3 Fr 11:45 HU 3038

Limitations of Bartels' method for temperature determination in metal-halide arc lamps with self-reversed spectral lines — •H. SCHNEIDENBACH, ST. FRANKE, H. SCHÖPP, and R. METHLING — INP Greifswald, F.-L.-Jahn-Str. 19, D-17489 Greifswald, Germany

Self-reversed lines play an important role for diagnostics of high-pressure lamp plasmas. The temperature profile of a plasma column can

be determined by the Bartels method [1] from the reversal maxima of the side-on measured line intensities. The method implies some conditions like LTE, constant partial radiator pressure, line shift neglect and exclusion of resonance lines as well as lines with low excitation energy of the lower level. The Bartels parameters have been analyzed for cases without these limitations with given temperature profiles and plasma compositions. Special attention has been turned to the influence of temperature plateaus in the peripheral discharge areas. Some basic aspects have been discussed in comparison with the method described by Karabourniotis [2].

[1] H. Bartels, Z. Physik 128 (1950) 546

[2] D. Karabourniotis, J. Phys. D: Appl. Phys. 16 (1983) 1267

P 2.4 Fr 12:00 HU 3038

Electrical characteristics of low-pressure sine wave driven He-Xe lamps — •DETLEF LOFFHAGEN, RENÉ BUSSIAHN, SERGEY GORCHAKOV, and HARTMUT LANGE — INP Greifswald, Friedrich-Ludwig-Jahn-Str. 19, D-17489 Greifswald

Low-pressure discharges in mixtures of xenon with other rare gases are the most promising substitutes for mercury in light sources for publicity lighting. The main disadvantage of such discharges is their lower luminous efficacy in comparison with mercury lamps. In order to improve the output characteristics an optimization of such parameters like mixture composition, pressure, discharge current and operation mode are necessary. The present contribution deals with the electrical characteristics of sine wave driven He-Xe discharges. Experimental studies and self-consistent model calculations have been performed for mixtures of He with 2% Xe at varying mean current density, gas pressure and frequency. The measured and predicted periodic evolutions of discharge voltage and current are reported. Generally good agreement between experimental and calculated results is found. The ionization and heavy particle kinetics are analysed and the most important properties of sine wave driven discharges are discussed in comparison with square wave pulse operation mode.

Supported by BMBF (FKZ: 13N8153)

P 2.5 Fr 12:15 HU 3038

Untersuchungen zum Kaltstartverhalten von Leuchtstofflampen mittels laserinduzierter Fluoreszenz — •STEFAN HADRATH¹, JÖRG EHLBECK¹ und GERD LIEDER² — ¹Institut für Niedertemperatur-Plasmaphysik e.V. (INP), F.-Ludwig-Jahn-Str. 19, D-17489 Greifswald — ²RLS, Osram GmbH, Hellabrunner Str. 1, D-81536 München

Untersuchungen an Leuchtstofflampen sind oft auf die Elektroden fokussiert, da diese die Lebensdauer der Lampe beschränken. Bisherige Forschungen konzentrierten sich auf den Warmstart, bei dem die Wendel vor der eigentlichen Zündung kurz vorgeheizt wird. Vor allem um Kosten zu

sparen werden elektronische Vorschaltgeräte (EVG) ohne diesen Vorheizprozess gefertigt. Eine Leuchtstofflampe zündet beim sog. Kaltstart in einer Glimmentladung. Auf Grund des daraus resultierenden hohen Ionenbeschusses wird Elektrodenmaterial (Wolfram und Emitter) zerstört. Dies führt zu Frühausfällen der Lampen infolge Wendelbruchs. Mit Hilfe der hochsensitiven Methode der laserinduzierten Fluoreszenz (LIF) lassen sich absolute Dichten des Wendelmaterials bestimmen. Die Vorteile,

le. z.B. der hohen Ortsauflösung – gegenüber der Sichtstrahlintegration bei Emissions- oder Absorptionsmessungen – und der Unabhängigkeit von Plasmaparametern, rechtfertigen den vergleichsweise aufwändigen Messaufbau. Hauptziel dieser Arbeit ist die Untersuchung des Erosionsprozesses des Wendelmaterials (Wolfram), um die zugrundeliegenden Sputterprozesse besser zu verstehen.

P 3 Diagnostik 1

Zeit: Freitag 11:00–12:30

Raum: HU 3059

Fachvortrag

P 3.1 Fr 11:00 HU 3059

Massenspektrometrie an reaktiven Plasmen — •THOMAS SCHWARZ-SELINGER — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Euratom Association, 85748 Garching

Der Vortrag versucht einen kurzen Überblick zu geben, welche Herausforderungen bei der quantitativen Analyse von reaktiven Plasmen zu überwinden sind, und gibt anhand von Beispielen Lösungsansätze. Für den Fall von Neutralgas-Massenspektren wird ein Algorithmus vorgestellt, der die konsistente Zerlegung von komplexen Massenspektren in die einzelnen Signalanteile mit Hilfe der Bayesschen Datenanalyse erlaubt. Die Vor- und Nachteile der Standard-Massenspektrometrie beim Nachweis von Radikalen gegenüber der Ionisationswellen-Massenspektrometrie werden an einigen Beispielen gezeigt. Kalibriermethoden für Neutralgas- und Ionen-Massenspektrometrie werden vorgestellt. In diesem Zusammenhang werden die Transmissionseigenschaften der Einzelemente eines QMS-Gesamtsystems diskutiert. Oftmals sind die Nachweigrenzen der Massenspektrometrie jedoch nicht durch die Geräte selbst verursacht, sondern durch die Art und Weise, wie die Geräte in den Plasmaprozess integriert sind. Deshalb werden die Grundlagen der Molekularstrahl-Massenspektrometrie vorgestellt. Eine wichtige Rolle spielt dabei die Extraktion der nachzuweisenden Teilchen und die Auslegung des Vakuumssystems.

P 3.2 Fr 11:30 HU 3059

Study of plasma parameters in a HMDSO-containing RF discharge — •JENS MATHEIS¹, CHRISTIAN OEHRE², and ACHIM LUNK¹ — ¹Universität Stuttgart, Institut für Plasmaforschung, Pfaffenwaldring 31, 70569 Stuttgart — ²Fraunhofer Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik, Nobelstrasse 12, 70569 Stuttgart

Plasma polymerisation of hexamethyldisiloxane (HMDSO) is widely used in plasma technology for thin film deposition in the field of surface protection, electronics or even biomedical applications. Therefore it is important to know the relevant plasma parameters for optimisation deposition process and improving film quality. Measurements were performed in a symmetric capacitively coupled RF (13.56 MHz) discharge of HMDSO mixed with different carrier gases as O₂ and Ar. The pressure varies between 10 Pa and 50 Pa. The power applied was changed between 10 and 200 W. The electron energy distribution function (EEDF) was measured with a heated Langmuir probe. The distortion of the current-voltage characteristics by RF plasma potential fluctuations is suppressed using an active compensation circuit. Compensations up to the second harmonics of the fundamental frequency are possible. In addition, the RF voltage applied to the reactor was monitored by a V/I probe. Langmuir probe measurements were performed at three pressures (12, 24 and 48 Pa) with varying RF power for Ar, O₂ and pure HMDSO. The paper shows the measured dependencies of EEDF, electron density, floating potential on external parameters.

P 3.3 Fr 11:45 HU 3059

Einsatz eines Rubinlasers für die thermische Desorption von a-C:H-Schichten — •F. IRREK, V. PHILIPPS, B. SCHWEER, G. SERGIENKO und U. SAMM — Institut für Plasmaphysik, FZ Jülich, Trilateral Euregio Cluster, EURATOM-Association, Jülich

Die Kodeposition von Wasserstoff in a-C:H-Schichten ist von kritischer Bedeutung für das Tritiuminventar in ITER. Daher soll an TEXTOR

eine in-situ-Diagnostik entwickelt werden, die mittels Laserdesorption und -ablation Wasserstoff aus diesen Schichten ins Plasma freisetzt, wo er spektroskopisch quantitativ gemessen wird. Der Desorptionsvorgang wird dazu in einem Laborexperiment untersucht. Ein freilaufender Rubinlaser wurde verwendet, um die H-Freisetzung aus präparierten harten a-C:H-Schichten auf Graphitproben zu studieren. Ziel ist, das gesamte H-Inventar auf einer definierten Fläche freizusetzen ohne die Schicht bzw. das Substrat anzugreifen. Der Rubinlaser ist prinzipiell geeignet, die Schichten vollständig zu entleeren. Die Pulsform des Lasers (starke zeitliche und räumliche Inhomogenität) bereitet jedoch große Probleme bei der Interpretation der Meßergebnisse. Es werden Resultate dieses Laborexperiments gezeigt.

P 3.4 Fr 12:00 HU 3059

Messungen gestörter Ionenenergieverteilungsfunktionen — •ALBRECHT STARK, OLAF GRULKE und THOMAS KLINGER — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Teilinstitut Greifswald, EURATOM Assoziation

Die Ionenkinetik spielt bei dynamischen Phänomenen in Plasmen eine wichtige Rolle. So tragen die Ionen beispielsweise zur Formation von Feldern bei und verändern die Propagations- und Dispersionseigenschaften von Wellen. Des Weiteren reagieren Ionen auf Variationen der elektrostatischen und elektromagnetischen Feldverteilung. Derartige Ereignisse äußern sich in Störungen der Ionenenergieverteilungsfunktion (IEVF). Experimentell ist die Doppler-verbreiterte IVDF mittels Laser-induzierter Fluoreszenz Spektroskopie (LIF) zugänglich. Zur Messung zeitlich gemittelter Verteilungsfunktionen ist LIF eine etablierte Diagnostik, mit der die Ionentemperatur und Drift bestimmt werden kann. Darüber hinaus lassen sich auch die zeitliche Entwicklung der IEVF sowie die Ionenkinetik relativ zur Phase einer periodischen Störung messen. Neben den Methoden zur Messung gestörter Verteilungsfunktionen werden Ergebnisse vorgestellt. Als Kandidaten für Störungen der Verteilungsfunktion werden Driftwellen, Alfvénwellen und Magnetische Rekonnektion untersucht.

P 3.5 Fr 12:15 HU 3059

Untersuchungen von Mikrowellen-angeregten Plasmen mit Laser-induzierter Fluoreszenz — •ULRICH STOPPER, PETER LINDNER und UWE SCHUMACHER — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 31, 70569 Stuttgart

Zum Verständnis des Mikrowellen-angeregten Plasmas ist die räumliche Verteilung von Temperatur und Dichte der Ionen und Neutralen von großer Bedeutung. Passive Spektroskopieverfahren, wie die Emissions- oder die Absorptionsspektroskopie, bringen dabei allerdings den Nachteil mit sich, dass die zu untersuchende Strahlung über die optische Sichtlinie integriert wird und deshalb auf direktem Weg keine räumliche Auflösung erreicht werden kann. Selbst bei symmetrischen Plasmen erhält man die Informationen über die räumliche Verteilung erst nach der Anwendung von Entfaltungsalgorithmen. Die Laser-induzierte Fluoreszenz (LIF) vermag als aktives Verfahren dagegen direkt eine hervorragende räumliche und zeitliche Auflösung wichtiger Parameter wie Teilchendichten und Teilchentemperaturen eines Plasmas zu liefern. Die hier vorgestellte Arbeit befasst sich mit dem Aufbau und der Erprobung einer LIF-Diagnostik an einem Mikrowellen-geheizten Plasma. Unter anderem werden die räumliche Verteilung der Temperatur und der Dichte in Argon- und Siliziumplasmen gemessen.

P 4 Hauptvortrag (Th. Hammer)

Zeit: Freitag 14:00–14:45

Raum: HU 3038

Hauptvortrag

P 4.1 Fr 14:00 HU 3038

Plasmakatalytische Prozesse bei Atmosphärendruck —
•THOMAS HAMMER und THOMAS KAPPES — Siemens AG, Corporate Technology Department CT PS 5, Paul-Gossen-Str. 100, 91052 Erlangen

Katalytische Reaktionen können in einem Gasgemisch durch Vorbehandlung mit einem Gasentladungsplasma (2-stufiger Reaktor) oder durch kombinierte Behandlung in einem Plasma-katalytischen Hybridreaktor (1-stufiger Reaktor) induziert werden. Als zugrunde liegende Prozesse kommen Anregung von Molekülen, Bildung langlebiger Zwischenzustände, UV-Emission oder Temperaturerhöhung in Frage. Die Anwendbarkeit der zwei Reaktorkonzepte wurde anhand der Dieselausgasreinigung und der Methan-Reformierung demonstriert: Durch die Vorbehandlung von Dieselausgas mit dielektrisch behinderten Entladungen wurde selektive katalytische NOx-Reduktion > 50 % bereits bei 100 °C statt bei 200 °C erzielt. Wegen der niedrigen spezifischen Plasma-Energiedichte von rund 10 J/Liter Abgas spielt Gasaufheizung hier keine Rolle. Plasmakatalytische Dampfreformierung von Methan wurde in einem dielektrischen Festbettreaktor bei Temperaturen bis zu 200 °C hinunter durchgeführt. Aufgrund der hohen spezifischen Plasma-Energiedichte von über 1 kJ/Liter spielten sowohl nicht-thermische Effekte als auch die Gasaufheizung durch das Gasentladungsplasma eine Rolle. Modelle der plasma-chemischen Kinetik wurden entwickelt.

P 5 Niedertemperaturplasmen / Plasmatechnologie 2

Zeit: Freitag 14:45–15:45

Raum: HU 3038

P 5.1 Fr 14:45 HU 3038

Ionization fronts in a system with the high-ohmic electrode —
•SHALVA AMIRANASHVILI, SVETLANA GUREVICH, and HANS-GEORG PURWINS — Institut für Angewandte Physik, Westfälische Wilhelms-Universität

Electrical breakdown and ionization fronts are considered in a sandwich-like discharge system consisting of two plane-parallel electrodes and a gaseous gap in between. The key system feature is a high-ohmic cathode opposed by an ordinary metal anode. Using two-scale expansion we demonstrate that in the low-current Townsend mode the discharge is governed by a two-component reaction-diffusion system. The latter quantities the system on the time scale that is much larger than the ion drift time. The breakdown appears as an instability of the uniform overvoltage state. A seed current fluctuation develops in a shock-like ionization front that propagates along the electrodes. The front is essentially nonlinear and spreads with the constant velocity, the latter is uniquely determined by system parameters and can be compared with experimental data. Depending on the cathode resistivity the front is either monotonic or oscillatory. Other breakdown features, such as current oscillations, are also traced.

P 5.2 Fr 15:00 HU 3038

Thermal Interruption Performance of High-Voltage Circuit Breakers —
•CHRISTIAN M. FRANCK, ALEXANDER STEFFENS, and MARTIN SEEGER — ABB Schweiz AG, Corporate Research, Segelhof, CH-5405 Baden-Dättwil

Circuit breakers are the key component to ensure reliability and security of present power transmission and distribution systems. Modern high-voltage ($U_r > 72\text{ kV}$) circuit breakers are rated to interrupt short-circuit currents up to 80 kA_{rms} and ABB's latest generator circuit breaker even up to 200 kA_{rms} ($U_r = 30\text{ kV}$). They consist basically of a mechanically operated metal contact system with an arc quenching chamber to extinguish the switching arc that is ignited during opening. The thermal interruption capability of a HV circuit breaker is determined by the maximum voltage steepness applicable without any time delay after breaking at current zero of a large fault current. New breaker designs are routinely tested experimentally for their thermal interruption performance in synthetic circuits in high-power laboratories. The installation, maintenance and operation of these labs and the performance of the tests are extremely cost and labour intensive processes. Modern CFD (Computational Fluid Dynamics) tools are thus increasingly used to understand the interruption capability of high-voltage circuit breakers. With such a tool, developed and validated at ABB Corporate Research, a systematic study of the influence of the gas blow pressure and the nozzle geometry on the thermal interruption capability was done. Latest results of both, experimental tests and numerical simulations of the thermal interruption performance of HV circuit breakers are shown and compared.

gung und der Methan-Reformierung demonstriert: Durch die Vorbehandlung von Dieselausgas mit dielektrisch behinderten Entladungen wurde selektive katalytische NOx-Reduktion > 50 % bereits bei 100 °C statt bei 200 °C erzielt. Wegen der niedrigen spezifischen Plasma-Energiedichte von rund 10 J/Liter Abgas spielt Gasaufheizung hier keine Rolle. Plasmakatalytische Dampfreformierung von Methan wurde in einem dielektrischen Festbettreaktor bei Temperaturen bis zu 200 °C hinunter durchgeführt. Aufgrund der hohen spezifischen Plasma-Energiedichte von über 1 kJ/Liter spielten sowohl nicht-thermische Effekte als auch die Gasaufheizung durch das Gasentladungsplasma eine Rolle. Modelle der plasma-chemischen Kinetik wurden entwickelt.

P 5.3 Fr 15:15 HU 3038

Intensive excimer emission from nanoseconds pulsed micro hollow cathode discharges —
•BYUNG-JOON LEE, ISFRIED PETZENHAUSER, and KLAUS FRANK — Physics Department 1, University of Erlangen-Nuremberg, Erwin-Rommel Straße 1, 91058 Erlangen

Micro hollow cathode discharges (MHCDs) which have dimensions in the range of $100\text{ }\mu\text{m}$ are high pressure, nonequilibrium discharges. Recently, MHCDs are intensively investigated as a VUV emission source in rare gases. Operating in pulsed mode (pulse duration on the order of 1 to $100\text{ }\mu\text{s}$), the relative efficiency of the xenon excimer emission reveals an inverse dependence on the pulsed lengths. Therefore in our experiment we reduced pulse width down to nanoseconds ranges in order to increase efficiency of excimer emission in xenon (172 nm). To produce a nanoseconds ranges pulse, a self-matched transmission line pulse generator capable of producing a single high voltage output with minimised reflections regardless of the load impedance is introduced. Changing pulse width (20 ns, 50 ns and 100 ns respectively) and gas pressure, the relative efficiency of the excimer emission in the superimposed(dc+ nanoseconds pulsed) mode and pulsed mode will be compared. In addition, the temporal behaviour of the excimer emission from cathode side and anode side will be discussed.

P 5.4 Fr 15:30 HU 3038

Space charge potential in the molecular gaseous tritium source plasma of the KATRIN experiment —
•FERENC GLÜCK (FOR THE KATRIN COLLABORATION) — Forschungszentrum Karlsruhe, Institut f. Kernphysik

The aim of the KATRIN experiment is to determine the absolute value of the neutrino mass down to 0.2 eV, by measuring the integral energy spectrum of the electrons created by beta decay of T_2 molecules. The gaseous tritium source is planned to have 27 K temperature in a 10 m long and 9 cm diameter tube, and in a 3.6 T axial magnetic field. About $2 \times 10^{12}/\text{s}$ positive ion — secondary electron pairs are created in the source due to beta decay and ionization processes. The charged particles can leave the source tube by gas flow and diffusion (in a time-scale of 1 s), and in addition they can be destroyed by electron-ion volume recombination. The plasma density is a few times 10^6 e/cm^3 . The cooling of the secondary electrons is determined mainly by inelastic, elastic and superelastic collisions with the gas molecules. Our Monte Carlo calculations show that the electron distribution function has a large peak at 2.5 meV. The space charge potential is expected to be smaller than 20 mV, which corresponds to a negligible systematic effect for the neutrino mass determination.

Supported by BMBF Nr. 05CK1VK1/7, 05CK1UM1/5 and 05CK2PD1/5.

P 6 Diagnostik 2

Zeit: Freitag 14:45–16:00

Raum: HU 3059

Fachvortrag

P 6.1 Fr 14:45 HU 3059

Self excited electron resonance spectroscopy - Fundamentals and industrial applications in RF plasmas — •MICHAEL KLICK — ASI Advanced Semiconductor Instruments GmbH, Rudower Chausse 30, 12489 Berlin

In particular the semiconductor industry requires robustness, repeatability of plasma parameters measurement for production control and plasma process understanding for chamber design and process development. The Self Excited Electron Resonance Spectroscopy (SEERS) is based on a passive measurement of the RF discharge current and a discharge model. The nonlinear characteristic of the RF driven boundary sheath, the resultant generation of harmonics in the discharge current, and the plasma oscillations at the 'geometric' resonance frequency below the spatially averaged electron plasma eigenfrequency are the fundamentals of the underlying theory. The model and an appropriate broad-band RF current measurements allow to measure the electron density as well as the effective collision rate of the electrons. The detection and utilization of plasma physical mechanisms as stochastic heating of electrons in production chambers and a review of results in the high-volume semiconductor production show the manifold of applications.

P 6.2 Fr 15:15 HU 3059

Shift and Broadening of Neutral Helium Spectral Lines in Dense Plasmas — •BANAZ OMAR¹, AUGUST WIERLING¹, SIBYLLE GÜNTER², and GERD RÖPKE¹ — ¹Universität Rostock, Institut für Physik, 18051 Rostock, Germany — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, 85748 Garching, Germany

Shift and broadening of several lines of neutral helium in a dense plasma are investigated. Based on a quantum statistical approach, using thermodynamic Green's functions, the electronic contributions to the shift and width are determined. Dynamic screening of the electron-atom interaction is included. It is found that, compared to the width, the electronic contribution to the shift is more affected by dynamical screening. At high density the influence of dynamical screening is more significant. A cut-off procedure for strong collisions is used. The effect of the ions is taken into account in a quasi-static approximation, with both the quadratic Stark effect and the quadrupole interaction included. Good agreement of our results for shift and width compared with the available experimental and theoretical data is achieved. As an application, the He- α profile for densities and temperatures by laser heating of plasma is studied.

P 7 Poster: Niedertemperaturplasmen / Plasmatechnologie 3, Diagnostik 3

Zeit: Freitag 16:30–18:30

Raum: Poster HU

P 7.1 Fr 16:30 Poster HU

Aufbau und Charakterisierung eines homogenen ECR Plasmas — •S. DIETRICH¹ und U. FANTZ^{1,2} — ¹Lehrstuhl für Experimentelle Plasmaphysik, Institut für Physik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, 85748 Garching

Die Elektron-Zyklotron-Resonanz-Heizung ist eine häufig verwendete Methode, um ein Niederdruckplasma zu erzeugen. Sind die dafür verwendeten Magnetfelder sehr inhomogen, gilt die ECR-Bedingung nur in einem kleinen Bereich. Um ein möglichst homogenes und von allen Seiten auf Höhe der Resonanzzone leicht zugängliches ECR-Plasma zu erzeugen, wird eine Helmholtz-ähnliche Anordnung zweier relativ kleiner, leichter Spulen in diesem kompakten Aufbau verwendet. Die bis zu einer maximalen Leistung von 1 kW zur Verfügung stehende Mikrowelle (2.45 GHz) wird homogen über einen Durchmesser von 14 cm in das Plasma eingekoppelt. Durch Variation der Spulenströme ist eine Mikrowelleneinkopplung sowohl von der Hochfeldseite als auch von der Niederfeldseite möglich. Dieser Aufbau soll benutzt werden, um Plasmen in einem möglichst großen Druck- und Leistungsbereich zu erzeugen. Die dabei erreichten Plasmaparameter werden mit Hilfe optischer Emissionsspektroskopie und Sondenmethoden bestimmt.

P 7.2 Fr 16:30 Poster HU

Massenspektrometrische Analyse von Ionen und Neutralen in Fluorkohlenstoff-Entladungen — •MARTIN POLAK, MARTIN GEIGL und JÜRGEN MEICHESNER — Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald

In einer kapazitiv gekoppelten rf-Entladung in CF₄ / H₂-Gemischen wurde mittels Schwellwert-Massenspektrometrie die zeitabhängige Dichte verschiedener neutraler Spezies und mit einem Plasmamonitor Ionenenergieverteilungen positiver und negativer Ionen an den beiden Elektroden der Entladung bestimmt. Die Energieverteilungen von negativen Fluorionen zeigen, daß es für die Bildung von F⁻ zwei Möglichkeiten gibt. Ein hochenergetischer Peak bei einer Energie, die der self-bias-Spannung entspricht, stammt von Ionen, die an der Oberfläche der getriebenen Elektrode entstanden sind. Ionen mit geringerer Energie sind dagegen in der rf-Randschicht entstanden. Die zeitabhängige Dichte von CF₂, CF₃ und C₂F₄ im Afterglow einer gepulsten Entladung kann mit einem einfachen Ratengleichungsmodell, das lediglich Volumenprozesse und Diffusionsverluste berücksichtigt, verstanden werden. So nimmt in reinem CF₄ die C₂F₄-Dichte im Afterglow ab, während sie bei Zugabe von Wasserstoff im Afterglow zunimmt und während des Plasmapulses abnimmt. Dies kann im Modell durch die sehr schnelle Reaktion von C₂F₄ mit dem freien Fluor erklärt werden. Bei Zugabe von Wasserstoff wird die Dichte des freien Fluors reduziert und damit der Hauptverlustkanal von C₂F₄ im Afterglow unterbunden.

Messung ausgewählter Besetzungsichten von Wasserstoffmolekülen und Vergleich mit Rechnungen — •M. REGLER¹ und U. FANTZ^{1,2} — ¹Lehrstuhl für Experimentelle Plasmaphysik, Institut für Physik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, 85748 Garching

Zur Bestimmung der Molekülteildichten in Wasserstoffplasmen wird häufig die Strahlung des Fulcherübergangs (d-a) verwendet. Da zur Interpretation der Strahlung ein Stoß-Strahlungsmodell notwendig ist, werden weitere Übergänge (Lyman: B-X, Werner: C-X, GK-B, I-B, e-a) zum Vergleich und zur Überprüfung des Modells herangezogen. Die Besetzungsichten der angeregten Zustände wurden in einer ECR-Entladung bei Variation des Druckes (2 Pa - 20 Pa) und des Helium-Anteils mit Hilfe der Emissionsspektroskopie bestimmt. Es standen zwei Spektrometer zur Verfügung, die zusammen einen kalibrierten Wellenlängenbereich von 116 nm bis 900 nm erfassen. Die erhaltenen Ergebnisse für die Zustände (C, B, GK, I, e, a) und deren Konsistenz werden diskutiert und mit Resultaten des Stoß-Strahlungsmodells „Yacora“ verglichen.

P 6.3 Fr 15:30 HU 3059

Spektroskopische In-Situ Bestimmung von Kohlenstoffdichten in einem Mikrowellen erzeugten Plasma — •A.-B. ENE, P. LINDNER, R. STIRN und U. SCHUMACHER — Institut für Plasmaforschung, Pfaffenwaldring 31, D-70569 Stuttgart

Kohlenstoffhaltige Plasmen spielen sowohl in den plasmatechnologischen Anwendungen, z.B. bei der Abscheidung von amorphen Kohlenstoff-Schichten, als auch in fusionsorientierten Experimenten eine wichtige Rolle. Für das genaue Verständnis der im Plasma ablaufenden Prozesse ist die Kenntnis der Dichte von Kohlenstoff von elementarem Interesse. Emissions- und Absorptionsspektroskopie eröffnen die Möglichkeit, diese Dichte in situ zu bestimmen. Die Messung der Konzentration von neutralem Kohlenstoff in einer Elektron-Zyklotron Plasmaentladung ist mit Hilfe der Selbsapsorption an dem resonanten Triplettsübergang 3P-3PO bei einer Wellenlänge von l=165 nm durchgeführt worden. Dabei ist aus den Linienintensitätsverhältnissen die Grundzustandsdichte des Kohlenstoffs bestimmt worden. Die Auswertung erfolgt anhand eines numerischen Modells, in dem die Strahlungstransportgleichung unter Vorgabe des Dichteprofils gelöst wird.

P 7.3 Fr 16:30 Poster HU

Study of the chemical composition in methane discharges by means of tunable diode laser absorption spectroscopy — •A. SERDIOUCHENKO, I. MÖLLER, and H. SOLTWISCH — Institut für Experimentalphysik V, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum, Germany

Low-temperature rf CH₄ plasmas have been used for a long time for industrial purposes. Attempts to estimate the chemical composition of such plasmas by numerical calculations are hampered by the large number of different physical and chemical processes involved and various unknown parameters. In a previous work we reported on measurements of the source gas (CH₄), one intermediate radical (CH₃) and two dominant stable end products (C₂H₆ and C₂H₂) by means of tunable diode laser absorption spectroscopy¹. It was found that the dependence of the species concentrations on the input power can be explained by relatively simple semi-empirical expressions. Recently we approved the assumptions made on the electron density with the help of a microwave interferometer. In addition, the analysis of C₂H₂ has been completed by investigating the missing production term originating from inelastic electron collisions with C₂H₄. Simple analytical approximations for the dominant plasma species allow us to define the main reaction channels and to estimate the corresponding rate coefficients. The obtained data can also serve for the verification of other more sophisticated plasma chemistry models.

¹ A. Serdioutchenko, I. Möller and H. Soltwisch, *Infrared diode laser absorption spectroscopy of C₂H₂ and C₂H₆ in capacitively coupled methane discharges*, Spectrochimica Acta, Part A 60, 3311-3318 (2004)

P 7.4 Fr 16:30 Poster HU

On The Application of the Quantum Cascade Laser-Absorption Spectroscopy for Plasma Process Monitoring — •FRANK HEMPEL, SVEN GLITSCH, JÜRGEN RÖPCKE, and STEPHAN SASS — INP-Greifswald, Friedrich-Ludwig-Jahn-Str. 19, 17489 Greifswald, Germany

Plasmas containing molecular precursors are used in a variety of plasma enhanced chemical vapour deposition and etching systems to deposit or remove thin films. The key to an improved understanding and control of chemical active discharges is the analysis of the fragmentation of the precursor and the monitoring of transient or stable plasma reaction products, in particular the measurement of their ground state concentrations. This can be done by specific diagnostic methods using absorption spectroscopy (AS) in the mid infrared spectral region. Information on absolute concentrations of plasma species can be used e.g. for improvements of process effectiveness, reliability and reproducibility. This method also allows time resolved measurements. Mid infrared quantum cascade lasers (QCL) have become available recently. QCLs operate at room temperature and can have similar spectroscopic properties as e.g. lead salt diode lasers. Therefore QCLs are well suited for industrial applications, in particular for in-situ process control. Recently a QCL based absorption spectroscopic system, the "Q-MACS", has been developed and used to study dissociation processes of several precursor gases, as e.g. hydrocarbons or boron containing species, in industrial reactors. The applicability of Q-MACS and of QCLAS for on-line process monitoring has been proofed. Recent results of measurements and features of the Q-MACS are presented.

P 7.5 Fr 16:30 Poster HU

Investigation of the laser and probe induced disturbances of gas discharge. — •CHRISTIAN BRANDT, HOLGER TESTRICH, RUSLAN KOZAKOV, and CHRISTIAN WILKE — Institut für Physik, EMA Universität Greifswald, Domstraße 10a, 17489 Greifswald

The Langmuir probe is a powerful method for the plasma diagnostics. The drawback of this method is the disturbance of the plasma caused by the presence of the probe. In gas discharges at low pressures (<5 Torr) and small currents (<30 mA) the introduction of the probe causes the deformation of the plasma parameters not only in the vicinity of the probe (Debye or Bohm sheaths) but also on the relatively long-range distances up to 10 cm. Similar effect can be produced by the local laser irradiation of the plasma. This work is devoted to the experimental investigations of both disturbances and their mutual interaction. By means of the laser absorption spectroscopy the density of the excited atoms in the vicinity of the probe is determined. A hydrodynamical model is applied for the estimation of the error of the probe measurements caused by the disturbance.

P 7.6 Fr 16:30 Poster HU

Time resolved measurements of transient and stable fluorocarbon species in pulsed rf discharges using IR Tuneable Diode Laser Absorption Spectroscopy (IR-TDLAS) — •ONNO GABELEL, SERGUEI STEPANOV, KONSTANTIN LI und JÜRGEN MEICHESNER — Institut für Physik, Domstraße 10a, 17489 Greifswald

The concentrations of small radicals and stable molecules in fluorocarbon rf plasmas are investigated by time resolved IR-TDLAS. The TDLAS system (single path arrangement) is adapted to a rf plasma apparatus consisting of a vacuum chamber of 20 l equipped with asymmetric, capacitively coupled rf discharge, and in situ ellipsometer for measuring the film thickness of fluorocarbon films on the rf electrode simultaneously. Typical processing parameters are rf power (cw) 10–100 W, gas flow of 1–20 sccm, and total pressure of 10–100 Pa. The rf discharge at 13.56 MHz is driven in pulsed mode with frequencies of between 0.1 to 100 Hz, and at various duty cycles. By use of the processing gases CF₄, H₂, and C₂F₆ the analysis of small transient species (CF, CF₂, CF₃) and stable products (C₂F₄) are in the focus of investigations. In particular, the role such species in the deposition and/or etching processes of fluorocarbon layers are of special interest. The applied TDLAS provides line integrated absolute molecule concentrations with time resolutions down to 50 µs. From generation and decay curves of several transient and stable species in pulsed plasmas information are obtained about characteristic reaction times, rate coefficients, and dominant reaction channels.

P 7.7 Fr 16:30 Poster HU

Phasenaufgelöste optische Emission von CF₂ und C im CF₄/H₂-RF-Plasma. — •DMITRY DROZDOV, BERT KRAMES und JÜRGEN MEICHESNER — Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, 17487 Greifswald

Im Niedertemperaturplasma einer asymmetrischen Hochfrequenzgasentladung in CF₄ bzw. CF₄/H₂ wird mit Hilfe einer ICCD-Kamera die optische Emission des CF₂-Radikales, des Kohlenstoffatoms sowie der kontinuierlichen Strahlung des CF₂⁺ zeitlich und räumlich aufgelöst untersucht (Druckbereich 2 bis 50 Pa, RF-Spannungen bis ca. 1500 V). Die räumliche Auflösung entlang der Entladungssachse beträgt dabei 0,1 mm. Die hohe zeitliche Auflösung von ≈ 1,5 ns ermöglicht die Messung zu 73 unterschiedlichen Zeitpunkten innerhalb der Periodendauer der RF-Spannung. Die verschiedenen Spezies zeigen sowohl räumlich als auch zeitlich deutlich unterschiedliche Intensitätsverteilungen. So erscheint die kontinuierliche Emission von CF₂⁺ hauptsächlich in nur einem sehr schmalen Zeitfenster von nur ca. 15 ns, innerhalb der Periodendauer von 74 ns. Im Gegensatz dazu emittiert das Kohlenstoffatom bei 193 nm scheinbar völlig ohne zeitliche Varianz. Diese Emission im unmittelbaren Nähe der RF-Elektrode deutet auf eine Anregung des Kohlenstoffes über eine Schwerkettchenreaktion hin. Ein maßgeblich beteiligtes Spezies entsteht durch die Wechselwirkung der Ionen mit der Oberfläche. Aus der Abhängigkeit der axialen Intensitätsverteilungen vom Entladungsdruck gelingt es, einen Reaktionsquerschnitt für die gesuchte Stoßreaktion zu bestimmen.

P 7.8 Fr 16:30 Poster HU

Investigation of DC magnetron generated plasma by means of Langmuir probe — •VÍTEZSLAV STRAŇÁK^{1,2,3}, JOSEF BLAŽEK¹, HARTMUT STEFFEN², STEFAN WREHDE², MILAN TICHÝ³, and RAINER HIPPLER² — ¹University of South Bohemia, Department of Physics, Jeroňimova 10, 371 15 České Budějovice, Czech Republic — ²University of Greifswald, Institute of Physics, Domstrasse 10a, 174 89 Greifswald, Germany — ³Charles University in Prague, Faculty of Mathematics and Physics, V Holešovičkách 2, 180 00 Praha 8, Czech Republic

The plasma generated by the DC planar magnetron, working in balanced as well as in unbalanced mode, is investigated by Langmuir probe technique. Basic parameters of the created plasma, used for layer deposition, are mainly influenced by target material (Ti in our case), composition of working gas (pure Ar and mixtures of Ar with N₂ or O₂) and other experimental conditions (pressure in the chamber, incoming power, probe position). The main plasma parameters (mean electron energy, electron density, plasma potential) are measured as function of different experimental parameters mentioned above by standard way. The density of negative ions in Ar+O₂ plasma is determined by a comparison of measurements in pure Ar and in Ar+O₂ mixture. The obtained results are discussed and compared together with results of deposited layer diagnostics.

This work has been supported by DPG through SFB 198.

P 7.9 Fr 16:30 Poster HU

EZR-Heizung einer linearen Helikon-Entladung — •JACOB ZALACH, OLAF GRULKE und THOMAS KLINGER — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Teilinstitut Greifswald, EURATOM Assoziation

Mittels Helikon-Entladungen lassen sich mit wenigen kW RF-Leistung Plasmen mit Dichten im Bereich $10^{18} - 10^{19} \text{ m}^{-3}$ erzeugen. Die Elektronentemperatur liegt dabei im Bereich weniger eV. In solchen dichten und relativ kalten Plasmen sind die Coulomb Stoßfrequenzen in der Regel wesentlich größer als Frequenzen dynamischer Phänomene ($\nu_e \gg \omega$). Der Einfluss von Stößen z.B. auf die Dispersionsrelation von Driftwellen wurde kürzlich in [1] gezeigt. Das Ziel ist, durch zusätzliche Heizung die Coulomb-Stoßfrequenzen zu reduzieren ($\nu_e \leq O(\omega)$). Im Experiment VINETA wird das Helikon-Plasma mittels Elektron-Zyklotron-Resonanz (EZR) geheizt. Dabei wird eine rechts-zirkular polarisierte Mikrowelle ($f = 2,45 \text{ GHz}$, $P_{mw} \leq 10 \text{ kW}$) entlang des Magnetfeldes in einen Magnetfeldgradienten eingestrahlt. Der Einfluss verschiedener Resonanz-Konfigurationen (Gradientenlänge des Magnetfeldes) auf Plasmaparameter, insbesondere auf n_e , T_e und deren Profile, sowie Absorbtionseigenschaften und die Wechselwirkung mit der Helikon-Entladung werden gezeigt.

[1] Christiane Schröder et al, Phys. Plasmas. 11(9), 2004

P 7.10 Fr 16:30 Poster HU

Entwicklung einer Helikonentladung mit helischer Hochfrequenzeinkopplung — •MICHAEL KRÄMER, BERND CLARENBACH und BERND LORENZ — Experimentalphysik II, Ruhr-Universität Bochum

Die Entwicklung der gepulsten Helikonentladung HE-L ($r_p = 73 \text{ mm}$, $l_p = 1,1 \text{ m}$, $P_{HF} < 2 \text{ kW}$, $f_{HF} = 13,56 \text{ MHz}$, $n_e < 2 \times 10^{19} \text{ m}^{-3}$, $T_e \approx 3 \text{ eV}$, $B_0 < 0,1 \text{ T}$, $p = 0,2 - 0,5 \text{ Pa Argon}$) wurde durch emissionsspektroskopische Messungen der Argonatom- und Argoniumenlinien mit Lichtleitersonden, 4mm-Mikrowelleninterferometrie sowie Langmuir- und HF-Magnetfeldsondendiagnostik untersucht. Charakteristisch für das durch eine helische Antenne erzeugte Plasma ist die axiale Asymmetrie, die auf die bevorzugte Anregung der $m=+1$ -Helikonmoden zurückzuführen ist. Zur Untersuchung der Elektronenheizung durch die $m=+1$ -Helikonmode wurde eine Doppelpulstechnik angewendet (Plasma erzeugender HF-Hauptpuls gefolgt von HF-Messpuls im Afterglow). Der gemessene Anstieg der Elektronentemperatur kann durch Heizung im Hauptteil der EEDF erklärt werden. Speziell wurde auch das von einigen Autoren vorgeschlagene Elektronentrapping untersucht. Für typische Entladungsparameter kann ein solcher stoßloser Heizprozess allenfalls in der frühen Phase der Entladung erwartet werden, wenn die Phasengeschwindigkeit der Helikonwelle noch so groß ist, dass die Energie der resonanten Elektronen im Bereich der Anregungsenergie einer kurzlebigen Ar^+ Linie liegt. Eine zeitliche Modulation der Linienintensität auf der Zeitskala der Anregungsfrequenz wurde jedoch nicht beobachtet.

Gefördert von der DFG (SFB 591, Projekt A7)

P 7.11 Fr 16:30 Poster HU

Parametrischer Helikonwellenzerfall in einer Helikonentladung — •M. KRÄMER¹, B. CLARENBACH¹, B. LORENZ¹, V.L. SELENIN¹ und YU.M. ALIEV² — ¹Experimentalphysik II, Ruhr-Universität Bochum — ²Lebedev Inst., Moskau

Die anomal starke Dämpfung der Helikonwellen in einer Helikonentladung mit helischer HF-Einkopplung ist stark mit der Anregung kurzwelliger Dichte- und Potentialfluktuationen korreliert. Die Frequenz- und Wellenzahlspektren dieser Fluktuationen wurden mit Korrelationstechniken (HF-Sonden- und Mikrowellenstreudiagnosiken) aufgenommen. Die niedrfrequenten Fluktuationen gehorchen der Dispersion der Ionenschallwellen, wohingegen die Fluktuationen im niedrfrequenten Seitenband der Anregungsfrequenz $f_0 = 13,56 \text{ MHz}$ als Trivelpiece-Gouldwellen (schräge elektrostatische Plasmawellen) identifiziert wurden. Die beobachteten Dispersionsbeziehungen sind im Einklang mit den Frequenz- und Wellenzahlbedingungen für den parametrischen Zerfall der Helikonwelle in diese Wellen. Die Anwachsraten und der Schwellwert der parametrischen Zerfallsinstabilität hängen von der Hochfrequenzleistung ab. Die Beobachtungen stimmen gut mit einer Theorie überein, die die axiale Wellenzahl der Helikonpumpwelle wie die Dämpfungsrate der Zerfallswellen berücksichtigt.

Gefördert von der DFG (SFB 591, Projekt A7)

P 7.12 Fr 16:30 Poster HU

Entwicklung gepulster Plasmen in Argon und Argon-Sauerstoffgemischen — •M. KATSCH¹, B. CLARENBACH², W. KAISER², M. KRÄMER², B. LORENZ² und J.A. WAGNER¹ — ¹Experimentalphysik, Universität Duisburg-Essen — ²Experimentalphysik II, Ruhr-Universität Bochum

An einer großvolumigen Diffusionskammer wurden Plasmen in Argon und Argon-Sauerstoffgemischen ($d_{ch} = 60 \text{ cm}$, $l_{ch} = 80 \text{ cm}$, $n_e \approx 10^{18} \text{ m}^{-3}$, $T_e \approx 2 \text{ eV}$) untersucht. Das gepulste Plasma ($\tau_{pulse} = 3 - 8 \text{ ms}$, $f_{pulse} = 25/50 \text{ Hz}$, $P_{RF} < 2 \text{ kW}$, $f_{RF} = 13.56 \text{ MHz}$), das aus der Helikonquelle HE-L mit helischer HF-Einkopplung gespeist wird, kann alternativ durch eine magnetische Flaschenkonfiguration oder ein Cusp-feld in der Kammer eingeschlossen werden. Eine Multipolmagnetfeldanordnung (10 Permanentmagnetringe, $\Delta z = 8 \text{ cm}$, $d = 54 \text{ cm}$) dient der zusätzlichen Reduzierung der radialen Teilchenverluste. Die Plasmaentwicklung im Afterglow, insbesondere die Erzeugung negativer Ionen mit dem Übergang in ein reines Ionen-Ionen-Plasma, wird mit Standarddiagnosken (Langmuirsondendiagnostik, 1 mm Interferometrie, Emissionsspektroskopie) studiert. Erste Messungen im Afterglow von Argon-Sauerstoffplasmen unterscheiden sich deutlich von Argonentladungen: Die Elektronendichte nimmt wesentlich schneller ab als die Dichte der positiven Ionen, was sich durch den Einschluss negativer Sauerstoffionen erklären lässt. Außerdem beobachtet man ein wesentlich längeres Afterglowleuchten, das auf die gegenseitige Neutralisation negativer Sauerstoffionen mit atomaren positiven Sauerstoffionen zurückzuführen ist.
Gefördert von der DFG (SFB 591, Projekt A7)

P 7.13 Fr 16:30 Poster HU

Investigations of short-scale fluctuations in a helicon plasma — •M. KRÄMER¹, A.B. ALTUKHOV², E.Z. GUSAKOV², M.A. IRZAK², V.L. SELENIN¹, and B. LORENZ¹ — ¹Experimentalphysik II, Ruhr-Universität Bochum — ²A.F.Ioffe Physico-Technical Institute, St Petersburg

Correlation Enhanced-Scattering (CES) near the Upper Hybrid Resonance has been applied for studying small-scale plasma density fluctuations excited by the rf fields in a high-density helicon discharge. The frequency and wave number spectra of the fluctuations are measured both in the plasma core as well as in the outer region of the helicon discharge. The spectral measurements evidence the short-scale fluctuations to originate from a parametric decay instability. The lf fluctuations and the lower side-band of the helicon wave frequency obey the ion-sound and Trivelpiece-Gould dispersion relations, respectively. To estimate the fluctuation level the back-scattering process is analyzed both numerically and analytically. A fully electromagnetic model was developed that takes into account the radial density profile as well as the antenna diagram of the emitting/receiving horn. Using this model the relative amplitude of ion-sound density fluctuations in the core of the helicon discharge is estimated as 11 %. The findings also demonstrate that the CES diagnostic can be applied to diagnose fluctuations in spherical tokamak plasmas where the probing conditions resemble those of high-density helicon discharges (in particular, $\omega_{pe} \gg \omega_{ce}$).

Supported by the DFG (SFB 591, Projekt A7)

P 7.14 Fr 16:30 Poster HU

Fundamental investigations on a magnetic neutral loop radio frequency discharge — •DRAGOS LIVIU CRINTEA, DEBORAH O'CONNELL, MARTIN BRENNSCHEIDT, TOBIAS KAMPSCHULTE, JULIAN SCHULZE, TIMO GANS, and UWE CZARNETZKI — Institut für Plasma- und Atomphysik, Ruhr-Universität Bochum

In order to understand stochastic electron heating in inhomogeneous magnetic fields, fundamental investigations are carried out in an inductively coupled magnetic neutral loop discharge (NLD). Coaxial coils produce a magnetic field, vanishing along the neutral loop in the discharge. An oscillating rf electric field along the neutral loop is induced through a planar four turn ICP antenna operated at 13.56 MHz. The stochastic electron heating mechanism in the neutral loop allows for plasma operation at extremely low pressure, down to 10^{-2} Pa , with relatively high electron densities, up to 10^{12} cm^{-3} . These conditions are ideal for anisotropic etching, while uniform plasma surface treatment over large areas can be achieved by varying the diameter of the neutral loop radius. The NLD plasma and in particular stochastic electron heating is investigated by various diagnostic techniques, such as Langmuir-probe measurements, phase resolved optical emission spectroscopy (PROES) and Thomson-scattering. First experimental results in rare gas discharges is presented. The project is funded by the DFG in the frame of SFB 591

P 7.15 Fr 16:30 Poster HU

Experimental investigations of radio frequency plasma boundary sheath dynamics — •BRIAN HEIL, DEBORAH O'CONNELL, TIMO GANS, and UWE CZARNECKI — Institut für Plasma- und Atomphysik, Ruhr-Universität Bochum

A modified GEC reference cell is used to allow for detailed investigations of the dynamics of radio frequency plasma boundary sheaths. The plasma is generated inductively using a planar, 27.12 MHz antenna optimised for efficient inductive power coupling and reduced capacitive coupling. The plasma potential, and thus sheath potential in front of the grounded electrode, can be independently modulated with an additional capacitive ring electrode. The sheath dynamics can be investigated in the frequency range from 20 kHz to 230 MHz. Various diagnostics are employed: Mass resolved, ion energy analysis (Balzers PPM), phase and space resolved electric field measurements using two-photon laser induced fluorescence dip spectroscopy, Langmuir-probe measurements, and phase resolved optical emission spectroscopy (PROES). First experimental results are presented. The project is funded by the DFG in the frame of SFB 591.

P 7.16 Fr 16:30 Poster HU

Probe Measurements of the wave field — •Y.Y. PODOBA¹, K. HORVATH¹, H.P. LAQUA¹, J. LINGERTAT¹, M. OTTE¹, F. WAGNER¹, and E. HOLZHAUER² — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Euratom Association, TI Greifswald, Wendelsteinstr. 1, 17491 Greifswald, Germany — ²Institut für Plasma Forschung Universität Stuttgart, Germany

The WEGA is the classical steady state operation stellarator with magnetic field 0.083T. The plasma is heated using ECRH at 2.45GHz with a maximum power 20+6 kW. In order to optimize and improve the ECR heating process a mode conversion of waves in plasma was suggested. Calculations of full-wave equation for conditions of WEGA stellarator show the possibility of resonant conversion of O-wave emitted from low field side with proper k-spectrum to X-wave near the O-cutoff layer. An increasing of amplitude and reducing of wave length in the conversion region is predicted by these calculations. To prove it experimentally the measurements of wave activity in plasma via HF probes simultaneous with the Langmuir probe measurements will be performed. Information about the phase and amplitude of waves in plasma allow us to find the conversion region and to obtain the value of k-vector of waves in plasma.

P 7.17 Fr 16:30 Poster HU

Eine Plasmaabsorptionssonde zur Messung der Elektronendichte — •CHRISTIAN SCHARWITZ, MARC BÖKE und JÖRG WINTER — Ruhr-Universität Bochum, Institut für Experimentalphysik II

Die Anwendung des Standardverfahrens zur ortsaufgelösten Elektronendichtebestimmung, die Messung mit einer Langmuirsonde, wird in reaktiven Plasmen durch die Abscheidung von Schichten in hohem Maße erschwert. Eine Plasmaabsorptionssonde ist durch eine dielektrische Umhüllung geschützt und daher gegen solche Plasmaeinflüsse unempfindlich. Das Messprinzip beruht in der Aufnahme eines Reflexionsspektrums in Abhängigkeit von der Frequenz mit Hilfe einer kleinen Antenne am Sondenkopf. Bei einer für die Elektronendichte charakteristischen Frequenz tritt ein Absorptionsignal auf. Es wurden Messungen an verschiedenen Entladungstypen und -geometrien durchgeführt und in Edelgasplasmen erfolgten Vergleiche mit Standarddiagnosiken. Die Absorptionssonde wurde experimentell charakterisiert. Sie erweist sich für Messungen in beschichtenden Plasmen als sehr geeignet.

P 7.18 Fr 16:30 Poster HU

Lasergeheizte emissive Sonden — •A. VOGELSANG, O. GRULKE und T. KLINGER — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Teilinstitut Greifswald, EURATOM Assoziation

Emissive Sonden bieten eine zuverlässige Möglichkeit, das Plasmapotential und seine Fluktuationen zu messen. Im Gegensatz zum Floating-potential von Langmuir-Sonden ist die Plasmapotentialmessung mittels emissiver Sonden robust gegenüber Strahlelektronen und Fluktuationen der Elektronentemperatur. Sie werden normalerweise in der Form kleiner, direkt geheizter Wolframschläufen realisiert. Ein Nachteil dieser Bauweise ist vor allem die begrenzte Lebensdauer. Das Poster präsentiert Untersuchungen zu indirekt geheizten emissiven Sonden. Dabei wird hier die Sondenspitze mit einem 45W CW Diodenlaser bei einer Wellenlänge von $\lambda \approx 900\text{nm}$ geheizt. Es werden Untersuchungen zur Elektronenemissivität verschiedener Sondenmaterialien (C, W, Mo, LaB₆) vorgestellt. Die Messungen von radialen Plasmapotentialprofilen im Helikonplasma des linearen Experiments VINETA werden demonstriert und die Ergebnisse mit konventionellen Sondenmethoden verglichen.

P 7.19 Fr 16:30 Poster HU

Line-integrated electron density measurements in a low-temperature argon plasma by the nested-cavity FIR laser interferometer — •CARSTEN PARGMANN, VIKRAM SINGH, PHILIPP KEMPKES, and HENNING SOLTWISCH — Institut für Experimentalphysik V, Ruhr-Universität Bochum

Line-integrated electron densities in low-temperature rf discharge plasmas are commonly measured with microwave interferometers. In order to increase the spatial resolution, an optically pumped far infrared (FIR) laser is used as a radiation source. Because the sensitivity decreases with decreasing wavelength, a nested cavity FIR laser interferometer was developed. The FIR beam leaves the laser cavity through an outcoupling hole and is reflected back by an external mirror. The laser power changes in a nonlinear way with the distance of the external mirror (or with changes of the refractive index of a plasma) and can be monitored behind a hole in the external mirror. The measurements are performed with a wavelength of $432.6\text{ }\mu\text{m}$ in an inductively coupled GEC reference cell filled with argon. The detection limit of the line-integrated electron density is 10^{12} cm^{-2} . The results are compared to radial scans of Langmuir probe measurements.

P 7.20 Fr 16:30 Poster HU

Plasma Diagnostics in the Near-Cathode Region of a Free-Burning Arc — •GERRIT KÜHN und MANFRED KOCK — Institut für Atom- & Molekülpolymerphysik, Callinstraße 38, 30167 Hannover

Previous measurements[1,2] show strong deviations from the state of local thermodynamical equilibrium (LTE) for the plasma of a free-burning arc (employing argon under atmospheric pressure and currents ranging from 0.5 A to 20 A). Especially in the near-cathode region, the discrepancies are large when the arc is in the so-called *blue-core* mode, but are also present in the well-known *diffuse* mode. We report on spatially resolved spectroscopic investigations including the power-interruption technique to obtain the temperature of the electrons as well as of the heavy particles. Applying modern CCD-detector systems and mechanical actuators we reach an improved spatial resolution of about $50\text{ }\mu\text{m}$, high dynamic ranges of up to 18 bit and short detection timeframes less than 100 ns. We demonstrate that the plasma in the vicinity of the cathode can still be described surprisingly well within a pLTE model.

[1] F. Könemann et.al., J. Phys. D **37** (2004) 171-179

[2] J. Reiche et.al., J. Phys. D **34** (2001) 3177-3184

P 8 Niedertemperaturplasmen / Plasmatechnologie 4

Zeit: Samstag 08:30–09:45

Raum: HU 3038

Fachvortrag

P 8.1 Sa 08:30 HU 3038

Biokompatible Schichten mittels Plasmopolymerisation — •DIRK HEGEMANN, DAWN BALAZS und ARMIN FISCHER — EMPA Materials Science and Technology, Lerchenfeldstrasse 5, CH-9014 St.Gallen

Biokompatibilität umfasst die Verträglichkeit zwischen Materialien und lebenden Organismen, wodurch der Grenzfläche eine grosse Bedeutung zukommt. Diese wiederum kann mittels Plasmopolymerisation durch die Abscheidung nanoskaliger, dünner Schichten gezielt modifiziert

werden. Die Schichtegenschaften hängen dabei von der Art der Prozessgase (Monomere und Trägergase), der Geometrie des Reaktors, dem Leistungseintrag, den Gasflüssen und dem Druck (1..100 Pa) ab. Aus den Abscheideraten kann die Aktivierungsenergie für Plasmopolymerisationsprozesse bestimmt werden. Bei einem Energieeintrag unterhalb dieser Aktivierungsenergie lassen sich monomere Ausgangsverbindungen weitestgehend erhalten, wodurch z.B. quellfähige PEO-ähnliche Schichten abgeschieden werden können. Mit zunehmendem Energieeintrag ins Plasma lässt sich der Erhalt funktioneller Gruppen, wie z.B. Methylgruppen in Siloxanschichten, reduzieren, wodurch die Oberflächenergie über einen

weiten Bereich eingestellt und ihr Einfluss auf Proteinadsorption untersucht werden kann. Durch Plasma-Copolymerisation können gesputterte Silbercluster in einem Prozessschritt in eine polymere Matrix eingebaut werden, wodurch die antibakterielle Wirkung herausgelöster Silberionen mit weiteren Funktionalitäten kombiniert werden kann, was für Medizinaltextilien von grossem Interesse ist.

P 8.2 Sa 09:00 HU 3038

Plasma Processing and Analysis of ultrathin Carbon-Fluorine Films — •JAKOB BARZ^{1,2}, MICHAEL HAUPT¹, CHRISTIAN OEHRL¹, ACHIM LUNK², and HEINZ HILGERS³ — ¹Fraunhofer Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik, Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart — ²Institut für Plasmaforschung, Pfaffenwaldring 31, 70569 Stuttgart — ³IBM E&TS EMEA, Mainz

In order to obtain domains or ultrathin coatings of fluorocarbon polymer, substrates are treated in a pulsed radio frequency discharge with a mixture of CHF₃ and a carrier gas, e.g. Argon. By varying power, duty cycle as well as pulse duration, the obtained layers differ in their properties, especially concerning surface tension and topographical aspects. In order to find out about the growing mechanisms of the polymer film and the physical properties of the plasma phase, spectroscopic examinations of the plasma are carried out:

- Mass spectroscopy associated with ionization energy measurements allows the determination of molecular species in the plasma phase and their energetic states.
- Laser induced fluorescence (LIF) gives information about a molecular species of interest in the plasma phase with a high time resolution.
- Optical emission spectroscopy (OES), which is also possible with high time resolution, completes the set of plasma characterization methods used. These data are compared to coating properties which are determined by
- contact angle measurements, giving the surface tensions according to the Owens-Wendt equation.
- X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) data.
- Atomic Force Microscopy (AFM) measurements.

P 8.3 Sa 09:15 HU 3038

Non-thermal plasma as sterilisation and coating technique — •CHRISTIAN SCHRADER and KARL-HEINZ GERICKE — Institut für Physikalische und Theoretische Chemie, Technische Universität Braunschweig, Hans-Sommer-Str. 10, D-38106 Braunschweig

Non-thermal plasma processing techniques have been established for a wide range of applications. Micro structured electrode (MSE) arrays consist of an interlocked comb like electrode system with μm -gap widths. The electrode dimensions in the μm -range are realized by photolithography and galvanic techniques. These arrays are capable to generate large area uniform glow discharges up to atmospheric pressure. The discharge phenomenon is described with the DC breakdown theory leading to an interest in RF frequency dependent breakdown mechanisms. One of the applications is the synergetic sterilisation of method referenced spores and the additional deposition of diffusion inhibiting layers like SiO₂ on food packaging materials. We successfully sterilised 10⁶ spores of the bacterium *B. cereus* at 1000 mbar in Helium and the same quantity of spores of the fungus *A. niger* in Ar. We approved the deposited SiO₂-layers on several polymers with ATR-IR-spectroscopy. The UV and VUV participation of the sterilisation result is discussed in further detail. Finally the non-thermal plasma characteristics of the application setup are presented with voltage-current pathways leading to a normal glow discharge combined with UV-VIS optical emission characteristics.

P 8.4 Sa 09:30 HU 3038

Untersuchung der Bildung von a-C:H Schichten in einem statioären Plasma — •WERNER BOHMEYER¹, DIRK NAUJOKS², BERND KOCH¹ und GERD FUSSMANN¹ — ¹Humboldt Universität Plasmaphysik Newtonstr.15 12489 Berlin — ²IPP Greifswald Wendelsteinstr.1 17491 Greifswald

Kohlenwasserstoffschichten haben für die Fusionsforschung eine zentrale Bedeutung, weil in ihnen eingelagertes Tritium zu einer unakzeptablen Konzentration dieses radioaktiven Elements führen kann. Das statioäre Plasma des Plasmagenerators PSI-2 wird für die Untersuchung der Bildung derartiger Schichten verwendet. Dazu wird Methan oder Ethen in definierten Mengen ins Plasma injiziert. Die Schichtbildung auf einem temperaturgeregelten Kollektor wird *in situ* gemessen. Der Grad der Umsetzung der injizierten Kohlenwasserstoffe wird wesentlich durch die Elektronendichte bestimmt. In Wasserstoffentladungen gibt es einen Konkurrenzprozeß zur Schichtbildung: die Erosion durch atomaren Wasserstoff. Während der Depositionsprozess in einem weiten Bereich von der Temperatur des Kollektors unabhängig ist, ist die Erosion hiervon stark abhängig. In Argonentladungen tritt diese Erosion nicht auf und es ergeben sich beste Voraussetzungen für einen quantitativen Vergleich mit einer Monte Carlo-Modellierung (ERO- Code). Die Ergebnisse eines derartigen Vergleiches werden vorgestellt.

P 9 Schwerionen- und lasererzeugte Plasmen 1

Zeit: Samstag 08:30–09:45

Raum: HU 3059

Fachvortrag

P 9.1 Sa 08:30 HU 3059

Nichtlineare Resonanz - Grundlage der stoßfreien Absorption kurzer Laserpulse — •PETER MULSER — Theoretische Quantenelektronik (TQE), TU Darmstadt, Schlossgartenstr.7, D-64289 Darmstadt

Bei der Wechselwirkung intensiver ultrakurzer Laserpulse mit Festkörpern und Clustern wird ein heißes, relativistisches Plasma erzeugt, dessen Heizung nur zu Beginn auf Stoßabsorption beruht. Experimente und numerische Simulationen zeigen, dass die weitere Heizung und Erzeugung schneller Teilchenstrahlen im sogenannten stoßfreien Bereich erfolgt. Über den Heizmechanismus hierzu gibt es einige Modellvorstellungen, wegen deren Unzulänglichkeit muss dieser trotzdem bereits seit zwei Jahrzehnten als unverstanden angesehen werden. Im Vortrag wird das physikalische Prinzip der stoßfreien Absorption, d.h. die Absorption von Photonen durch „freie“ Elektronen, in Festkörpern und Clustern erläutert und durch Modellrechnungen erhärtet. Der Schlüssel zum Verständnis wird dabei eine charakteristische Eigenschaft nichtlinearer Oszillatoren sein. Aus dem neuen Modell können weitreichende Schlüsse gezogen werden

P 9.2 Sa 09:00 HU 3059

Study of electron beam propagation in dense plasmas — •RALPH JUNG¹, JENS OSTERHOLZ¹, KRISCHAN LÖWENBRÜCK¹, SERGEY KISELEV¹, ALEXANDER PUKHOV¹, GEORG PRETZLER¹, OSWALD WILLI¹, SATYABRATA KAR², MARCO BORGHESI², STEFAN KARSCH³, ROBERT CLARKE³, DAVID NEELY³, and WIGEN NAZAROV⁴ — ¹Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf — ²Queens University of Belfast — ³Rutherford Appleton Laboratory, UK — ⁴University of Dundee, UK

of topical interest, in particular for the fast ignitor scheme relevant for inertial confinement fusion. We have studied the propagation of laser accelerated electrons in dense plasmas. Aluminium- and foam targets with various thicknesses were irradiated with the Petawatt laser beam at the Rutherford Appleton Laboratory (UK). The electron beam is investigated by observing the coherent transition radiation (CTR) generated at the target rear side. A decrease of CTR intensity for the thicker targets is observed and explained by dephasing of the electron bunches as they propagate through the plasma. For the foam targets, a break-up of the electron beam into filamentary structures is evident, showing that the relativistic electron beam is sensitive to Weibel type instabilities due to counter propagating current of cold electrons. The experimental results are consistent with 3D PIC simulations.

P 9.3 Sa 09:15 HU 3059

Isochoric heating of low Z solid targets with 10 fs laser pulses — •JENS OSTERHOLZ¹, THOMAS FISCHER¹, FELIX BRANDL¹, MIRELA CERCHEZ¹, ARIANE PIPAHL¹, GEORG PRETZLER¹, OSWALD WILLI¹, and STEVEN ROSE² — ¹Heinrich-Heine-Universitaet Düsseldorf — ²University of Oxford

The investigation of high density plasmas plays an important role for astrophysics, inertial confinement fusion and x-ray lasers. Therefore the generation of dense plasmas with ultra-intense laser pulses is a field of enormous topical interest. An upper limit of the maximum plasma density that can be achieved with this method, however, occurs due to the formation of a preplasma and the expansion of the plasma during the interaction. Here we describe a novel approach that is based on a laser system that generates 10 fs pulses with a low prepulse energy. Isochoric

The generation and transport of relativistic electron beams is a field

heating is demonstrated with small Z solid targets. Time integrated XUV spectroscopy is used to investigate the emission from the plasma. The series limits observed in the spectra are explained by pressure ionisation. The XUV spectra were simulated by two different models. The first calculates the effect of pressure ionisation and the second calculates the line intensity ratios. Preliminary calculations suggest that the plasma density of the emitting region is close to solid density with an electron temperature of about 100eV.

P 9.4 Sa 09:30 HU 3059

Hydrodynamical simulation of inhomogenous plasma —

•THOMAS RAITZA, HEIDI REINHOLZ, AUGUST WIERLING, and GERD ROEPKE — Universitaetsplatz 3; 18055 Rostock

Application of hydrodynamical simulations are considered, which aim

at the description of the plasma formation and the investigation of its properties. We will show results, obtained by the MULTI CODE as described in [1]. We simulate the formation of density and temperature profiles in shock wave induced plasmas. Experimentally, an explosion driven impactor induces a shock wave, that propagates through a gas and ionizes it [2]. Previously used shock front profiles, which were fitted to reproduce experimental results [3], can now be taken from the preliminary consideration. Simulations will be presented with respect to laser induced highly excited clusters, which leads to density and temperature profiles during Coulomb expansion.

[1] K. Eidmann, J. Meyer-ter-Vehn, T. Schlegel, S. Hueller; Phys. Rev. E 62,1202; 2003 [2] V. B. Mintsev, Yu. Zaporogehts; Contrib. Plasma Phys.; 29, 493; 1989 [3] H. Reinholz, Yu. Zaporogehts, V. Mintsev, V. Fortov, I. Morozov; Phys. Rev. E 68, 036403; 2003

P 10 Hauptvortrag (P. Favia)

Zeit: Samstag 10:15–11:00

P 10.1 Sa 10:15 HU 3038

Hauptvortrag

Low Temperature Plasma Processes for Biomedical Applications —

•PIETRO FAVIA — Department of Chemistry. University of Bari, Via Orabona 4, 70126 Bari, Italy

Substrates can have their surface composition, energy, topography and cell adhesive properties tuned with low temperature plasma processes; these processes are investigated since years, with the aim of obtaining surfaces compatible with different biological environment for many different biomedical applications. For example, cell adhesive surfaces can be produced by means of plasma processes, by properly combining PE-CVD processes of functional coatings and conventional immobilization reaction of biomolecules such as RGD peptides and saccharides; on the other hand

Raum: HU 3038

cell/protein repulsive (non fouling) surfaces can be also be produced by means of plasma processes, and synthesized on materials (and devices) where the adhesion of proteins and of other biological systems has to be discouraged. Many other surfaces of biomedical interest can be synthesized by means of plasma deposition and treatments process, with micrometric (area) and nanometric (thickness) accuracy, aimed to drive the biological response of material surfaces at micro metric scale. Micro lithographic processes are possible, that use plasma processes, able to produce patterned surfaces, where "cell-adhesive" tracks are alternated to non-adhesive domains; such surfaces are of tremendous interest nowadays for Cell and Tissue Engineering procedures. This talk will describe shortly surfaces that are nowadays of interest for biomedical applications.

P 11 Niedertemperaturplasmen / Plasmatechnologie 5

Zeit: Samstag 11:00–12:45

P 11.1 Sa 11:00 HU 3038

Fachvortrag

Phase resolved optical emission spectroscopy in radio frequency excited plasmas —

•TIMO GANS, DEBORAH O'CONNELL, VICTOR KADETOV, JULIAN SCHULZE, TOBIAS KAMPSCHULTE, and UWE CZARNETZKI — Institut für Plasma- und Atomphysik, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum, Germany

The optical emission from radio frequency (rf) discharges exhibits strong temporal variations within the rf-cycle. Phase resolved optical emission spectroscopy (PROES) allows one to distinguish capacitive and inductive power coupling. This is of particular importance in discharges with both power coupling mechanisms. The temporal variations of the emission arise due to time modulations of the electron energy distribution function (eedf), in particular in the high energy tail. Within the two-term approximation of the Boltzmann-equation the modulation amplitude of the optical emission is directly related to the strength and phase of the time varying local electric field. Therefore, both can be determined by PROES. Using the Helmholtz equation offers an opportunity for determination of plasma densities. The work is supported by the DFG in the frame of the SFB 591.

P 11.2 Sa 11:30 HU 3038

Ion dynamics in plasma boundary sheaths of radio-frequency discharges operated with multiple frequencies —

•DEBORAH O'CONNELL^{1,2}, ROBERTO ZORAT¹, MILES TURNER¹, and BERT ELLINGBOE¹ — ¹Plasma Research Laboratory, Dublin City University, Ireland — ²present address: Institut für Plasma- und Atomphysik, Ruhr-Universität Bochum, Germany

The complex nature of multi frequency high voltage rf plasma boundary sheaths is investigated. A mass resolved ion energy analyser is incorporated into the grounded electrode of a confined symmetric capacitively coupled rf discharge. Two frequencies, 1.94 MHz and 27.12 MHz, are simultaneously supplied to the powered electrode. Discharges in hydrogen and deuterium are investigated. The relatively light ions respond to the temporal variations in the sheath potential allowing for detailed investigations of the sheath dynamics. Experimental results of ion energy distribution functions (IEDFs) and absolute ion fluxes are compared to

Raum: HU 3038

a PIC simulation perfectly adapted to the experimental conditions. The agreement is in general very good. The basic concept of separate control of the ion flux and ion energy in dual frequency discharges can be confirmed. The ion flux is mainly controlled by the high frequency component. The IEDF is strongly influenced by both the low frequency and high frequency component. Double bi-modal structures in the IEDFs, caused by complex dynamics of dual frequency sheaths, can be explained and reproduced using a simple analytical model.

P 11.3 Sa 11:45 HU 3038

Study of neutral loop discharge (NLD) plasma via PIC simulation —

•MURAT VURAL and RALF PETER BRINKMANN — Ruhr-Universität-Bochum, Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, D-44780 Bochum

Electron heating, i.e. the conversion of directed field energy into thermal electron energy, requires a randomization process which destroys the coherence in the motion of the electrons accelerated by the field. The standard Ohmic heating, i.e. the scattering of electrons at the neutrals of the background becomes very inefficient at gas pressures below 1 Pa. The NLD is based on an alternative mechanism of power absorption that is effective in low pressure region. We consider a simple but realistic model of a stationary non-uniform and rotational invariant magnetic field configuration with neutral loop. In the neighborhood of neutral points (where the magnetic field vanishes), however, the adiabatic invariance of the magnetic moment μ is destroyed and thus the electron motion becomes strongly chaotic and effective heating occurs. In this work, particle-in-cell (PIC) simulation results of NLD plasmas are presented. The NLD plasma is generated by applying an rf electric field parallel to direction along the magnetic neutral loop (p-NLD) and vertical to direction across the magnetic neutral loop (v-NLD). For this study, we use a modified two-dimensional PIC code XOOPIIC, which is time explicit and fully electromagnetic. This code is used to investigate spatially and temporally resolved simulation results of the electron/ion density and electron energy distribution for different external magnetic fields and plasma parameters.

P 11.4 Sa 12:00 HU 3038

Anwendung spektroskopischer Methoden zur Charakterisierung HF-angeregter negativer Ionenquellen (H^-/D^-) — •S. RIEGG¹ und U. FANTZ^{1,2} — ¹Lehrstuhl für Experimentelle Plasmaphysik, Institut für Physik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, 85748 Garching

Zur Neutralteilchenheizung zukünftiger Fusionsplasmen werden negative Ionenquellen (H^-/D^-) benötigt. Für die Optimierung der Ionenquellen ist es notwendig, zuverlässige Diagnostikmethoden zur Bestimmung von Plasmaparametern (z.B. n_e , T_e) zu verwenden. Dazu müssen die Diagnostikmethoden sowohl in einem großen Parameterbereich von n_e und T_e , als auch unter Einfluss von HF und in Magnetfeldern einsetzbar sein. Deshalb eignet sich zur Charakterisierung besonders die optische Emissionsspektroskopie, ergänzt durch Messungen mittels einer Langmuir-Sonde. Mit einem Übersichtsspektrometer kann auch das zeitliche Plasmaverhalten in der gepulsten Entladung betrachtet werden. Untersucht wird der Bereich der Plasmaerzeugung und das Expansionsvolumen der Ionenquelle. Ergebnisse zweier geometrisch voneinander abweichender Quellen werden vorgestellt. Die Parameter von Wasserstoff- und Deuteriumplasmen werden verglichen. Im Hinblick auf den späteren Einsatz der Ionenquellen im Deuteriumbetrieb ist die Übertragung der Ergebnisse von Wasserstoff auf Deuterium von besonderer Relevanz.

P 11.5 Sa 12:15 HU 3038

Spektroskopische Untersuchungen an einem mikrowellenerzeugten Luftplasma — •J. HAPPOLD, J. KRÜGER, P. LINDNER, A. SCHULZ, R. STIRN, U. STROTH und M. WALKER — Institut für Plasmaforschung, Pfaffenwaldring 31, D-70659 Stuttgart

Die Reduktion der Emission von Schadstoffen aus den Industrieabgasen (z.B. VOC), ist eine der wichtigsten Aufgaben für die Forschung und Entwicklung. Dabei spielen nicht nur die Abgase eine Rolle, die eine direkte Beeinflussung der Umwelt zeigen, sondern auch die so genannten Treibhausgase die eine Langzeitwirkung aufweisen. In der Vergangenheit

wurden große Anstrengungen unternommen, um die Emission an großtechnischen Anlagen zu verringern. Es wird aber immer mehr deutlich, dass auch kleine bis mittelgroße Anlagen einer Abluftreinigung bedürfen. Viele dieser Umwandlungsprozesse werden durch Wärmezufuhr initiiert. Ein viel versprechendes Verfahren hierfür ist es, ein Plasma mit Hilfe einer Mikrowelle zu erzeugen und damit die zur Umwandlung benötigte Wärmezufuhr zu gewährleisten. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, durch Bildung von Radikalen im Plasma den Prozess der Reinigung weiter zu beschleunigen. In dieser Arbeit sollen die ersten spektroskopischen Untersuchungen an einem unter Normaldruck arbeitenden Plasmabrenner dargestellt werden. Dabei sind vor allem die Plasmaparameter Gasstemperatur, Ionentemperatur und beteiligte Spezies von besonderem Interesse.

P 11.6 Sa 12:30 HU 3038

Untersuchungen zur Plasma-Oberflächen-Wechselwirkung beim Ätzen von Si mit einem Ar/SF₆/O₂-Plasmajet — •THOMAS ARNOLD und AXEL SCHINDLER — Leibniz-Institut für Oberflächenmodifizierung e.V., Leipzig

Ein mikrowellenangeregter reaktiver Ar/SF₆/O₂-Plasmajet im Druckbereich von $p = 50$ mbar wird mit massenspektrometrischen Methoden charakterisiert. Auftrittspotential-Massenspektrometrie und ortsauflöste Messungen liefern Informationen über die Struktur des Plasmajets. Zweidimensionale Simulationen zur Strömungsdynamik tragen zum Verständnis des Teilchentransports im Plasmajet bei und unterstützen die Interpretation der Meßergebnisse. Es werden die Einflüsse der Prozeßparameter Leistung, Druck sowie SF₆ und O₂-Gasflußraten auf die Entladungsgeometrie und auf die Bildung von atomarem Fluor analysiert. Untersuchungen zur plasmachemischen Wechselwirkung des Jets mit einer Si-Oberfläche zeigen, daß durch die Anwesenheit von Si die oberflächennahe Plasmachemie stark verändert wird. Es wird der Zusammenhang zwischen im Plasma gebildeten freien Fluorradikalen und der Ätzrate aufgeklärt und die lokale Oberflächenentwicklung sowie Strukturbildung in Abhängigkeit von verschiedenen Prozeßbedingungen diskutiert.

P 12 Plasma-Wand Wechselwirkung 1

Zeit: Samstag 11:00–12:15

Raum: HU 3059

P 12.1 Sa 11:00 HU 3059

Hyper-Thermic Neutral Particles Produced by Surface Neutralisation — •TATIANA BABKINA, TIMO GANS, and UWE CZARNETZKI — Institut für Plasma- und Atomphysik, Ruhr-Universität Bochum

Hyper-thermic neutrals produced by surface neutralisation of plasma ions appear to have significant potential for various plasma technological applications, e.g. semiconductor processing. Ions produced in an inductively coupled RF discharge are accelerated in the sheath potential in front of a biased electrode. The impinging ions can leave the surface after a certain number of collisions with the lattice of the solid. Directly in front of the surface, neutralisation takes place either by Auger or resonance processes. These fast neutrals traverse the plasma almost collisionless. The presented work is concentrated on investigations of neutralised and reflected hydrogen ions (H^+ , H_2^+ , H_3^+). The resulting atomic beam is investigated by optical emission spectroscopy and an energy resolved mass spectrometer opposite to the electrode. The energy spectrum can be explained as a superposition of spectra of H^+ , H_2^+ , H_3^+ . A contribution of negative ions created at the electrode surface is also observed. The project is funded by the DFG in the frame of the SFB 616.

P 12.2 Sa 11:15 HU 3059

Chemische Erosion von Kohlenstoffmaterialien durch Wasserstoffisotope in induktiv gekoppelten HF-Plasmen — •PATRICK STARKE und URSEL FANTZ — Lehrstuhl für Experimentelle Plasmaphysik, Institut für Physik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg

Kohlenstoff ist als Wandmaterial für zukünftige Fusionsreaktoren geplant. Ist eine Kohlenstoffoberfläche gleichzeitig energetischen Ionen und thermischen Wasserstoffatomen ausgesetzt, so ist die resultierende Erosion größer als die Summe aus rein chemischer und rein physikalischer Erosion, da ein synergistischer Effekt auftritt. Systematische Untersuchungen der Erosion können in induktiv gekoppelten HF-Niederdruckplasmen durchgeführt werden, welche homogene Plasmaparameter über der Oberfläche und gute Zugänglichkeit für Diagnostiken zur Bestimmung der relevanten Teilchenflüsse bieten. Der Kohlenstofffluss von der Oberfläche wurde bei Erosionsexperimenten aus Gewichtsverlustmessungen ermit-

telt. Mit Hilfe der optischen Emissionsspektroskopie konnte unter Verwendung der Strahlungen des CH- und des C₂-Moleküls ein Zeitverlauf der Erosionsausbeute bei dotierten Materialien gewonnen werden. Der atomare Wasserstofffluss wurde aus einer Balmerlinie des Wasserstoffs bestimmt. Unter Verwendung eines energieauflösenden Massenspektrometers wurden Ionenflüsse und –zusammensetzungen ermittelt. Damit konnten Erosionsausbeuten von Kohlenstoffmaterialien durch Wasserstoff- und Deuteriumplasmen unter Variation der Ionenflüsse und der Oberflächentemperatur gewonnen werden.

P 12.3 Sa 11:30 HU 3059

Messungen des Ionenenergiereflexionskoeffizienten im magnetisierten Plasma — •BERND KOCH, WERNER BOHMEYER und GERD FUSSMANN — Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Physik, AG Plasmaphysik, Newtonstr. 15, 12489 Berlin

Sowohl bei Experimenten in der Fusionsforschung als auch bei technischen Anwendungen spielen der von Ionen und Elektronen getragene Energiedurchfluss auf Target-Flächen und dessen Aufteilung in kinetische- und Anregungsenergie eine herausragende Rolle. Energiedurchflüsse: Die hier vorgestellten Experimente wurden am Plasmagenerator PSI-2 in einem Wasserstoffplasma ($B = 0.01 \dots 0.1$ T, $n_e \approx 10^{16}$ m⁻³, $T_e \approx 2$ eV) durchgeführt. Dabei wurde mit einer ebenen, in Keramik eingebetteten Sonde sowohl Strom- als auch Energiedurchflüsse als Funktionen der Vorspannung und des Winkels zwischen der Oberflächennormalen und dem magnetischen Feld gemessen. Aus der Kombination der Kennlinien wurde dann der Ionenenergiereflexionskoeffizient R_E als Funktion des Winkels bestimmt. Während dabei für den Fall großer Gyroradien erwartungsgemäß keine Winkelabhängigkeit beobachtet wird, tritt im Grenzfall kleiner Gyroradien unter streifendem Magnetfeldeinfall eine Verdopplung von R_E im Vergleich zum senkrechten Magnetfeldeinfall auf. Eine Erklärung findet dieses Verhalten in der ebenfalls beobachteten Reduktion des Randschichtpotentials: Während normalerweise alle Ionen durch die Beschleunigung im Randschichtpotential immer nährungsweise senkrecht zur Oberfläche auftreffen, muß bei reduziertem Randschichtpotential die Winkelverteilung der Ionen berücksichtigt werden.

P 12.4 Sa 11:45 HU 3059

Messungen der Besetzungsdichten von metastabilen Zuständen atomaren Heliums mit laserinduzierter Fluoreszenz in Randschichtplasmen von TEXTOR — •M. KRYCHOWIAK¹, PH. MERTENS¹, B. SCHWEER¹, S. BREZINSEK¹, R. KÖNIG², O. SCHMITZ¹, M. BRIX¹, T. KLINGER² und U. SAMM¹ — ¹Institut für Plasmaphysik, FZ Jülich, EURATOM-Association, TEC, 52425 Jülich, Germany — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM-Association, 17491 Greifswald, Germany

Der thermische Heliumstrahl ist eine Standarddiagnistik zur Messung von Radialprofilen der Elektronendichte und -temperatur (n_e und T_e) in Randschichtplasmen von Fusionsanlagen. Die Methode beruht auf Intensitätsmessungen von He I Linien. Für die Auswertung der Signale sind die Ratenkoeffizienten für Elektronenstoßanregung notwendig, die in einigen Fällen nur theoretisch bestimmt worden sind. Die Besetzungsdichten der relevanten Niveaus (vor allem der metastabilen) von He I werden gemessen, um einige nur ungenau bekannte Ratenkoeffizienten experimentell zu überprüfen. Das geplante Lasersystem, welches aus einem Excimer- und einem Farbstofflaser besteht, liefert Laserpulse von bis zu 4 MW Leistung im nahen UV und im Sichtbaren mit spektralem Auflösungsvermögen von etwa 10^5 . Das Laserlicht wird mittels Lichtwellenleiter zum Tokamak transportiert und durch die Heliumdüse axialsymmetrisch in das Plasma eingekoppelt. Auf diese Weise überlappen der Heliumstrahl (mit Dichten um 10^{11}cm^{-3}) und der Laserstrahl zum großen Teil und das Fluoreszenzsignal kann gleichzeitig an mehreren radialen Orten mit verschiedenen Paaren von (n_e, T_e) gemessen werden.

P 12.5 Sa 12:00 HU 3059

Messung von $T_{e\cdot}$ - und n_e -Fluktuationen mit einem He-Überschallstrahl in der Randschicht von TEXTOR — •U. KRUEZI, B. SCHWEER, G. SERGIENKO, O. SCHMITZ, B. UNTERBERG, P. MERTENS und U. SAMM — Institut für Plasmaphysik, FZ Jülich,

Die Elektronentemperatur und -dichte in der Plasmarandschicht kann aus dem Verhältnissen dreier Helium-Linienintensitäten (667.8nm, 706.5nm, 728.1nm) bestimmt werden.

Zur Untersuchung von Fluktuationen im Randschichtplasma von TEXTOR wurde eine Helium-Überschallstrahl Diagnostik aufgebaut. Das neu entwickelte Strahlinjektionssystem mit niedriger Divergenz ($\pm 1^\circ$) erlaubt Messungen von Wellenvektoren bis zu $k_r = 3\text{mm}^{-1}$ und Frequenzen bis $\nu = 100\text{kHz}$. Das Beobachtungssystem besteht aus zwei komplementären Einheiten. Die mit Interferenzfiltern selektierten Intensitätsprofile werden in abbildende Lichtwellenleiter eingekoppelt, gebündelt und von einer einzelnen Kamera ($t_{Integration} = 10\text{ms}$) aufgenommen. Parallel dazu findet eine Aufnahme durch drei 32-Kanal Photomultiplier (Hamamatsu H7260) mit vertikal angeordneten Kanälen ($t_{Integration} = 10\mu\text{s}$) statt. Diese schnellen Signale werden mit denen des langsamens Systems relativ kalibriert. Die Datenerfassung ermöglicht die gleichzeitige Aufzeichnung von 8 Raumkanälen mit einer Auflösung von ca. 2mm pro Kanal, wählbar über einen radialen Bereich von 128mm. Zeit- und Raumauflösung der Diagnostik erlauben die Messung der Phasenrelation von $T_{e\cdot}$ - und n_e -Fluktuationen. Es werden erste Messungen insbesondere unter Einfluss des Dynamisch Ergodischen Divertors (DED) vorgestellt.

P 13 Hauptvortrag (H.-G. Purwins)

Zeit: Samstag 14:00–14:45

Raum: HU 3038

Hauptvortrag

P 13.1 Sa 14:00 HU 3038

Universelles Verhalten selbstorganisierter Strukturen in planaren Gasentladungssystemen — •HANS-GEORG PURWINS — Institut für Angewandte Physik, Westfälische Wilhelms-Universität Münster

Das Verständnis selbstorganisierter Strukturen in räumlich ausgedehnten nichtlinearen dissipativen Systemen ist eines der ganz großen unlösten Probleme der modernen Naturwissenschaften. Solche Strukturen lassen sich in idealer Weise in planaren Gleich- und Wechselspannungssysteme mit hochohmiger bzw. dielektrischer Barriere untersuchen.

Beispiele für auftretende Muster sind Fronten, Streifen, Hexagone, Spiralen, Spots und komplexe Strukturen, bei denen Spots die elementaren Bausteine sind. Die Vielfalt der beobachtbaren Muster und deren relativ einfache experimentelle Zugänglichkeit erlaubt eine umfassende Untersuchung des Phänomens der Selbstorganisation in Plasmasystemen. Das in vieler Hinsicht universelle Verhalten der genannten Systeme ermöglicht darüber hinaus die exemplarische Erforschung von Gesetzmäßigkeiten, einer großen Klasse räumlich ausgedehnter nichtlinearer dissipativer Systeme, welche der Physik, der Chemie, der Biologie oder anderen Bereichen der Naturwissenschaften entstammen.

P 14 Poster: Niedertemperaturplasmen / Plasmatechnologie 6, Diagnostik 4

Zeit: Samstag 14:45–16:45

Raum: Poster HU

P 14.1 Sa 14:45 Poster HU

Discharge oscillations in a system with the high-ohmic electrode — •SHALVA AMIRANASHVILI, SVETLANA GUREVICH, and HANS-GEORG PURWINS — Institut für Angewandte Physik, Westfälische Wilhelms-Universität

Discharge oscillations are considered in a sandwich-like discharge system consisting of two plane-parallel electrodes and a gaseous gap in between. The key system feature is a high-ohmic cathode opposed by an ordinary metal anode. We demonstrate that the breakdown is accompanied by current oscillations. The latter are caused by surface charge on the high-ohmic electrode and disappear when the electrode resistivity is small enough. Our results can be compared with experimental data and used to investigate discharge properties.

P 14.2 Sa 14:45 Poster HU

Filaments and their interaction in planar gas-discharge systems — •HENDRIK U. BÖDEKER¹, ANDREAS W. LIEHR^{1,2}, and HANS-GEORG PURWINS¹ — ¹Institut für Angewandte Physik, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Corrensstr. 2/4, 48149 Münster — ²Freiburger Materialforschungszentrum, Stefan-Meier-Str. 21, 79104 Freiburg

We present new results concerning the formation and the dynamics of self-organized current filaments in a planar DC gas-discharge system with high-ohmic barrier. The structures are observed in nitrogen at pressures of approx. 300 mbar and a discharge gap width of 0.5 mm via the luminance density distribution emitted from the discharge gap. It turns out that the filaments exhibit interesting particle-like properties

like generation and annihilation, scattering, and formation of molecules. Processes in which the filaments retain their shape can be analyzed by means of stochastic data analysis. In this way, both intrinsically standing and propagating filaments can be found, corresponding to Brownian and active Brownian motion. In addition, a distance-dependant interaction law between mutually interacting dissipative solitons can be determined, quantitatively explaining the experimentally observed interaction phenomena. The observations are explained in the context of a phenomenological model taking account of the macroscopic properties of the gas-discharge system.

P 14.3 Sa 14:45 Poster HU

Diagnostics of the afterglow of a Dielectric Barrier Discharge running in Ar/CxFy mixtures — •I. P. VINOGRADOV, M. SHAKHATRE, and A. LUNK — Institut fuer Plasmaforschung, Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 31, D-70569 Stuttgart

FTIR- and broad band UV- absorption spectroscopy diagnostics were applied in the afterglow of a dielectric barrier discharge (DBD-afterglow) running in Ar/fluorocarbon mixtures (C3HF7, c-C4F8) at a pressure of one bar in dependence on the gas flow rate and the power. The gas analysis was performed in the volume which is several mm (up to 10 mm) away from the active region of a dielectric barrier discharge. From all mentioned diagnostics tools only stable products in a DBD afterglow were identified. The analysis of data shows that there are no big differences between stable products in a DBD-afterglow in comparison to the active zone of a DBD. The concentration of CF2 depends linearly on gas flow rate. Only the absolute values of concentrations are different. In

Ar/c-C4F8 the density of reaction products and also the film deposition rate are linear proportional to the gas flow rate and the discharge power. In C3HF7 no polymer film could be deposited in afterglow. AFM, REM and XPS methods were applied for analyses of polymer film deposited on silicon wafer. In DBD-afterglow the F/C ratio in the film is much higher (1.98) in comparison to F/C ratio of films produced in a DBD (1.44) at the same outer discharge parameters. From the results measured the question of the precursor species responsible for the film deposition in a DBD appears in a new light and will be discussed in detail.

P 14.4 Sa 14:45 Poster HU

The atmospheric pressure plasma jet(APPJ): Characteristics and diagnostics — •S. REUTER, K. NIEMI, V. SCHULZ-VON DER GATHEN, and H.F. DÖBELE — Universität Duisburg-Essen, Fachbereich Physik, 45141 Essen

The APPJ [1] operates with a high-flow (several m^3/h) helium and small amounts of molecular additives, such as e.g. O_2 between electrodes with RF excitation. The discharge is typically homogeneous and provides an efficient effluent of radicals. Plasma parameters are typically $n_e \sim 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ and $T_e \sim 2 \text{ eV}$. The plasma operates under ambient conditions. The temperature of the effluent is below 100°C. The cold and neutral effluent containing highly reactive radicals is considered for etching, coating, in-situ treatment of sensitive tissues. Diagnostics applied to the APPJ are TALIF, OES, thermography, and diode laser absorption spectroscopy. Concentric and planar versions have been realized. The jet can now be operated with argon as feedgas and in a pulsed mode in case of helium. The absolute density profile of atomic oxygen [2] is compared to results from other diagnostic methods. The measurements show that the reactive species is present far more outside the jet than previously expected. VUV radiation is detected at several cm distance from the nozzle in air. The diagnostics include also metastable Helium or Argon Atoms. Supported by the 'Ministerium für Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen'.

[1] Selvyn et al. 1998 IEEE Trans. Plasma Sci. 26 1685

[2] K. Niemi; see contribution at this meeting

P 14.5 Sa 14:45 Poster HU

Negative Sauerstoffionen in einer gepulsten RF-Entladung mit induktiver Einkopplung in Edelgas / Sauerstoff-Gemischen — •J. A. WAGNER, H. M. KATSCH und H. F. DÖBELE — Universität Duisburg-Essen (Campus Essen), Fachbereich Physik, D-45117 Essen

In einer gepulsten Sauerstoff-RF-Entladung mit einem modifizierten GEC-Reaktor wurde die zeitabhängige Dichte der negativen Sauerstoffionen untersucht. Durch Vergleich mit Modellrechnungen konnten aus dem zeitlichen Verhalten der positiven und negativen Ladungsträgerdichten im Afterglow der Entladung die wesentlichen Verlustprozesse der negativen Ionen identifiziert werden. Bei Plasmadichten $\geq 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ ist der Hauptverlustprozess für negativen Ionen durch gegenseitige Neutralisation mit den positiven Ladungsträgern gegeben. Einem kleineren Einfluss auf den Verlust der negativen Ionen haben Stöße mit atomarem Sauerstoff und Stöße mit den metastabilen Sauerstoffmolekülen, $O_2(a^1\Delta_g)$. Alle Edelgas / Sauerstoff Mischungen zeigen bis zu einem Verhältnis von 9 zu 1 einen hohen Anteil negativer Ionen. Im Vergleich zum Ergebnis von Modellrechnungen nimmt im Afterglow die Dichte der negativen Ionen deutlich langsamer ab. Offensichtlich wird ein weiterer Erzeugungskanal für die negativen Ionen im Afterglow wirksam. Messungen mit zeitabhängiger Appearance-Potential Massenspektrometrie lassen den Einfluss der metastabilen Edelgasatome und der hochliegenden metastabilen Sauerstoffmoleküle, $O_2(A^3\Sigma_u^+, C^3\Delta_u, c^1\Sigma_u^-)$, als weitere Bildungskanäle für negative Sauerstoffionen wahrscheinlich erscheinen. Dieses Projekt wird von der DFG im Rahmen des SFB 591, Teilprojekt A7, gefördert.

P 14.6 Sa 14:45 Poster HU

Higher order Chapman-Enskog electrical conductivities of Hg, Na, and rare-gas plasmas — •MARTIN WENDT, MANFRED KETTLITZ, and HARTMUT SCHNEIDENBACH — INP Greifswald, Friedrich-Ludwig-Jahn-Str. 19, 17489 Greifswald

We investigate the influence of the approximation order N of the Chapman-Enskog method on the electrical conductivity $\sigma(N)$ which is a key parameter in HID-lamp modelling [1]. Devoto demonstrated that this method converges rather slowly for Argon at low temperatures where electron-atom collisions dominates [2]. This slow convergence is associated with the Ramsauer-minimum in the electron-atom cross section of rare-gases. We give detailed numerical results of $\sigma(N)/\sigma(N-1)$ for

all rare-gases (except Rd) and some rare-gas/metal plasmas. We conclude that for He and Ne, that do not show an equally sharp Ramsauer-minimum as Ar, Kr and Xe, $\sigma(N)$ converges rapidly below 8000 K ($\sigma(3)/\sigma(2) < 1.03$ for He, $\sigma(4)/\sigma(3) < 1.05$ for Ne). For Ar, Kr and Xe which have a more pronounced Ramsauer-minimum the convergence is slower. For Ar only $\sigma(5)/\sigma(4)$ is below 1.10 for all $T > 2000$ K. For Kr and Xe one still gets maxima of 1.18 and 1.22 in $\sigma(6)/\sigma(5)$ at 3750 and 4200 K, respectively. The conductivities are used to validate the temperature profiles coming from a fit of the sodium D lines in an HID-lamp with a NaI-Xe fill.

[1] S. Chapman, T. G. Cowling, "The Mathematical Theory of Non-Uniform Gases", Cambr. University Press (1953)

[2] R. S. Devoto, Phys. Fluids, 9 (1966) 1230.

P 14.7 Sa 14:45 Poster HU

Temporal evolution of atomic oxygen density profiles in a pulsed rf plasma — •SILKE PETERS, KRISTIAN DITTMANN, BERT KRAMES und JÜRGEN MEICHHSNER — Institute of Physics, University of Greifswald, Domstr. 10a, 17489 Greifswald, Germany

Atomic oxygen represents an important reactant in plasma surface treatment of materials. The knowledge about spatio-temporal density distributions of such species is of great interest for better understanding of elementary processes involved, and comparison with results from simulation. In the used capacitively coupled rf-discharge the atomic oxygen density distributions are determined by diffusion as well as by generation and loss processes in plasma chemical reactions. For various plasma parameters the axial and radial profiles were studied by two photon absorption laser induced fluorescence spectroscopy (TALIF) at different time delays after plasma ignition and during the afterglow. The results from pulsed plasmas are compared with previous measurements under continuous discharge conditions. Both, the investigations of plasma-on and the plasma-off phase provide results about the radial profiles which confirm very well the explanation in the case of continuous plasma. On the other hand, the time-evolution of the axial profiles shows different behaviour compared with continuous discharge mode.

P 14.8 Sa 14:45 Poster HU

Investigation of diffuse barrier discharges in gas mixtures of nitrogen with noble gases — •RONNY BRANDENBURG¹, HANS-ERICH WAGNER¹, PETER MICHEL¹, DAVID TRUNEC², ZDENEK NAVRATIL², and PAVEL STAHEL² — ¹Institute of Physics, University of Greifswald, Domstr. 10a, 17491 Greifswald — ²Department of Physical Electronics, Masaryk University, 61137 Brno, Czech Republic

Usually barrier discharges (BDs) are characterized by many microdischarges occurring (so-called filamentary mode). But under special conditions they can be operated in a diffuse mode. Diffuse BDs have been investigated in helium, nitrogen and neon by plasma diagnostics and numerical modelling by different authors. It was demonstrated that the diffuse BD in nitrogen is a Townsend-like discharge, while in helium respectively neon the structure of a sub-normal glow-discharge has been investigated (so-called Glow-like mode). This contribution reports results on experimental studies of diffuse BDs in mixtures of nitrogen with the noble gases argon, helium and neon respectively. The discharge voltage and current are measured and spatio-temporally resolved optical emission spectroscopy is performed. It is shown that the discharge remains in the diffuse mode until a relative high admixture of noble gases. The aim of this work is the investigation of the transition between the Townsend- and the Glow-like mode. By this, one can contribute to a better understanding on the elementary processes leading to diffuse as well as filamentary BDs, respectively. In particular the process of pre-ionisation of the gas before the breakdown by nitrogen metastable states and the important role of collisional quenching of these active species will be figured out.

P 14.9 Sa 14:45 Poster HU

Ein Schwerteilchen-Transportmodell für Niedertemperatur-Plasmen — •THOMAS SENEGA und RALF PETER BRINKMANN — Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, Ruhr-Universität Bochum

Das entwickelte Modell beschreibt die Transporteigenschaften der Schwerteilchen (Gesamtheit der Neutralteilchen und geladenen Teilchen) in einem Niedertemperatur RF-Plasma. Basierend auf der Boltzmann-Gleichung wurden dazu die fluidynamischen Momentengleichungen und geeignete Transportkoeffizienten entwickelt. Dabei wurde berücksichtigt, daß die Schwerteilchen im Impuls- und Energiegleichgewicht stehen und jede einzelne Schwerteilchensorte eine Teilchenerhaltungsbilanz erfüllt. Eine Entwicklung der Verteilungsfunktionen der Schwerteilchen in eine

geeignete Orthogonalreihe wird dazu verwendet, um die Transporteigenschaften zu berechnen. Damit können die Terme zur Beschreibung der Wärmediffusion, des viskosen Drucks und damit die Drift-Diffusion der Teilchen dargestellt werden. Durch die konsistente Herleitung aus der Kinematik ist gewährleistet, daß die Schwerteilchen in ihren Eigenschaften korrekt beschrieben sind. Dabei werden alle Schwerteilchen gemeinsam als ein Gesamtmedium betrachtet, die den physikalischen Erhaltungssätzen genügen. Jede einzelne Teilchensorte ist bezüglich dieses Gesamtmediums durch ein Drift-Diffusionsmodell beschrieben.

P 14.10 Sa 14:45 Poster HU

Randbedingungen für Drift-Diffusions-Modelle mehrkomponentiger Plasmen — • RALF PETER BRINKMANN — Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik

Die selbstkonsistente fluiddynamische Theorie mehrkomponentiger Plasmen beinhaltet eine Reihe mathematischer Schwierigkeiten, die den resultierenden Modellen numerisch ungünstige Eigenschaften verleihen. Ein Beispiel dafür liefert das Auftreten interner räumlicher Strukturen in den fluiddynamischen Modellen eines elektronegativen Plasmas [1,2]. Die physikalische Realität dieser Strukturen ist noch umstritten, und sie sind vermutlich auch dynamisch unerheblich; dennoch führt ihre mögliche Präsenz zu einer erheblichen Steifheit der numerischen Modelle. Ein möglicher Weg zur Umgehung dieser Schwierigkeiten besteht in der Verwendung der mathematisch einfacheren Drift-Diffusions-Modelle, die aus der fluiddynamischen Beschreibung unter Vernachlässigung der Träigkeitseffekte hervorgehen. Hier ergibt sich allerdings das Problem, dass die Verhältnisse in der trägeheitsbestimmten Randschicht nicht korrekt erfasst werden. Der Beitrag analysiert dieses Problem und schlägt zu seiner Behebung die Einführung korrigierter Randbedingungen für die Drift-Diffusionsmodelle vor, die aus der vollen Fluiddynamik durch Anwendung asymptotischer Methoden hergeleitet werden. Die Unterschiede zum bekannten Bohm-Kriterium werden analysiert.

- [1] I.G. Kouznetsov et al., J. Appl. Phys. 86 (8), pp. 4142 (1999)
- [2] R.N. Franklin, Plasma Sources Sci. Technol. 11 pp. 31 (2002)

P 14.11 Sa 14:45 Poster HU

Erweiterte Analyse eines Multifluid-Plasmamodells der kathodischen Randschicht thermischer Plasmen — • FRANK H. SCHARF und RALF PETER BRINKMANN — Theoretische Elektrotechnik, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum

M.S. Benilov entwickelte ein Modell, das die kathodische Randschicht thermischer Plasmen als einen Satz von Flüssigkeiten beschreibt (jeweils für Elektronen, Ionen, und Neutralteilchen)[1,2]. Das Modell hat für die Simulation sogenannter High-Intensity-Discharges große Bedeutung. Vergleiche von verschiedenen Experimenten mit auf diesem Modell basierenden Simulationen haben in weiten Teilen gute Übereinstimmung gezeigt, allerdings scheint in anderen Teilen eine weitere Randbedingung zu fehlen, um eine eindeutige Lösung zu bestimmen. Das Modell basiert auf vier Gleichungen (Impuls- und Teilchenzahlerhaltung für Ionen und Neutralteilchen). Die Gleichungen enthalten Variablen für die Dichte und die Geschwindigkeit beider Teilchensorten: n_i , n_a , v_i und v_a . Benilov löst die Gleichungen nach n_i und v_i auf. Ein Auflösen nach v_i und v_a stattdessen ermöglicht uns andere Einsichten in die mathematische Struktur des Problems. Mittels dieser Einsichten können wir Benilovs Ergebnisse bestätigen und analytische, selbstkonsistente Lösungen präsentieren.

- [1] M S Benilov J. Phys. D: Appl. Phys. 28 (1995) 286-294
- [2] M S Benilov et al., Proc. GEC2004, MT1.002

P 14.12 Sa 14:45 Poster HU

Elektromagnetische Effekte in kapazitiv gekoppelten Niedertemperaturplasmen — • THOMAS MUSSENBROCK, TORBEN HEMKE und RALF PETER BRINKMANN — Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, D-44780 Bochum, Germany

Kapazitiv gekoppelte Niedertemperaturplasmen (CCPs) sind unter anderem bei der Fabrikation mikroelektronischer Schaltungen zu einem wichtigen Werkzeug geworden. Die Kontrolle, Steuerung und Regelung der entsprechenden Plasmaprozesse kann auf Grund der besonderen Anforderungen, die das industrielle Umfeld stellt, häufig nur auf der Basis adäquater Modell-basierter Plasmadiagnostikmethoden realisiert werden. Bei der entsprechenden Modellierung von CCPs beschränkt man sich oft auf die elektrostatische Näherung der Maxwell-Gleichungen. Allerdings ist insbesondere auf Grund der immer größer werdenden Plasmareaktoren und Betriebsfrequenzen zu hinterfragen, ob diese Näherung ihre Gültigkeit behält oder ob nicht der volle Satz der Maxwell-Gleichungen bei der Modellbildung zu berücksichtigen ist [1]. Der vorliegende Bei-

trag nimmt sich dieser Fragestellung an. Er diskutiert exemplarisch den in CCPs zu beobachtenden Skin-Effekt, der in gewissen Regimen einen nennenswerten Einfluss auf die durch die zu Grunde liegende Modell-basierte Diagnostikmethode ermittelten Plasmaparameter zeigt und somit möglicherweise nicht unberücksichtigt bleiben darf.

- [1] T. Mussenbrock, Dissertation, Ruhr-Universität Bochum, 2004

P 14.13 Sa 14:45 Poster HU

Messung der H_3^+ -Dichte in einer Oberflächenwellenentladung mittels Cavity-Ringdown-Spektroskopie — • M. BERGER^{1,2} und U. FANTZ^{1,2} — ¹Lehrstuhl für Experimentelle Plasmaphysik, Institut für Physik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, 85748 Garching

Die Kenntnis der Ionenzusammensetzung in wasserstoffdominierten Plasmen ist für eine Vielzahl von Anwendungen von Interesse. Sie beeinflusst sowohl die Reaktionskinetik von Schwerteilchenprozessen im Volumen, als auch die Erosions- und Depositionsausbeute an Oberflächen. Mit Hilfe von wellenlängenaufgelöster Cavity-Ringdown-Spektroskopie kann die Linienabsorption von H_3^+ mit hoher Empfindlichkeit gemessen werden, so dass dadurch eine nicht-invasive spektroskopische Methode zur Dichtebestimmung dieser Ionensorte gewonnen werden kann. Vorgestellt werden ein modulares transportables System zur Cavity-Ringdown-Spektroskopie an H_3^+ und erste Testmessungen an einer Oberflächenwellenentladung. Die Ergebnisse werden diskutiert und mit Modellierungen verglichen.

P 14.14 Sa 14:45 Poster HU

Optimierte Photodiiodendiagnostik zur Anwendung an negativen Ionenquellen (H^-/D^-) — • M. DREXEL¹ und U. FANTZ^{1,2} — ¹Lehrstuhl für Experimentelle Plasmaphysik, Institut für Physik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, 85748 Garching

Negative Ionenquellen sollen zukünftig in Neutralteilchenheizungen für Fusionsreaktoren eingesetzt werden. Die negativen Ionen werden in Wasserstoffplasmen über Volumenprozesse und Wechselwirkungen von Wasserstoff mit Cäsiumatomen an Oberflächen erzeugt. Dies führt zu einer zeitlichen Dynamik des Quellenplasmas, weshalb eine zeitauf lösende Messung der Plasmakenngrößen wünschenswert ist. Die Emissionsspektroskopie stellt dabei eine Methode dar, die von Störquellen wie HF- und Magnetfeldern unbeeinflusst ist. Zur Diagnostik des Plasmaverhaltens werden die Balmerlinien des Wasserstoffatoms ausgewertet, für das Cäsiumverhalten drei Cäsiumlinien (für Neutrale und Ionen). Die dabei wichtigen Spektrallinien im Wellenlängenbereich von 400 nm - 900 nm weisen einen großen Dynamikbereich in der Intensität auf, weshalb ein Diodensystem als Standarddiagnostik entwickelt wurde. Um Intensitätsverluste zu minimieren, wird das Licht über einen Drehspiegel mit hoher Frequenz auf 8 Photodioden reflektiert, welche mit Interferenzfiltern ausgestattet sind. Erste Messungen mit diesem System an einer HF- angeregten H^-/D^- - Quelle werden dargestellt und diskutiert.

P 14.15 Sa 14:45 Poster HU

Berechnung von Teilchendichten für die Diagnostik an Niedertemperaturplasmen — • D. WÜNDERLICH^{1,2} und U. FANTZ^{1,2} — ¹Lehrstuhl für Experimentelle Plasmaphysik, Institut für Physik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, 85748 Garching, EURATOM Assoziation

Zur Bestimmung von Plasmaparametern (n_e , T_e , Vibrationsbesetzung von Molekülen, ...) mittels Emissionsspektroskopie sind Besetzungsmodelle nötig. Die Qualität dieser Modelle hängt stark von der Qualität der eingehenden Datenbasis ab. Im Gegensatz zu Atomen weist die Datenbasis für fast alle Moleküle quantitative und qualitative Einschränkungen auf. Da das Wasserstoffmolekül H_2 sowohl in Fusions- als auch in Prozessplasmen eine wichtige Rolle spielt, wurde die Datenbasis für dieses Molekül um Einsteinkoefizienten, Franck-Condon-Faktoren sowie Wirkungsquerschnitte für Elektronenstoßprozesse ergänzt. Unter Verwendung der erweiterten Datenbasis wurde ein Stoß-Strahlungsmodell für H_2 erstellt. In diesem Modell ist die Hauptquantenzahl $n = 3$ nach den einzelnen elektronischen Zuständen aufgelöst, zudem werden die Vibrationsniveaus einiger elektronisch angeregter Zustände berücksichtigt. Zur Implementierung des Modells wurde der neu entwickelte Solver Yacora verwendet. Dieser Solver ermöglicht es, im Modell den atomaren Wasserstoff sowie die relevanten Schwerteilchen zu berücksichtigen. Somit liegt eine Kombination von Stoß-Strahlungsmodell und Dissoziationsmodell vor. Die Resultate des erstellten Modells werden mit an einem Niedertemperaturplasma experimentell bestimmten Werten verglichen. Weitere Anwendungsmöglichkeiten werden vorgestellt und diskutiert.

P 14.16 Sa 14:45 Poster HU

A Novel Method for Absolute Atomic Density Measurements by Photoionization-Controlled Two-Photon Laser-Induced Fluorescence in Collision-Dominated Media — •K. NIEMI, V. SCHULZ-VON DER GATHEN, and H. F. DÖBELE — Universität Duisburg-Essen, Fachbereich Physik, Universitätsstr. 5, 45117 Essen

Collisional quenching of excited particles in media at elevated pressure represents the main problem for quantitative fluorescence spectroscopic measurements. We present a novel method based on photoionization-controlled loss spectroscopy [Salmon et al. 1986 *Opt. Lett.* **11** 419] for local measurements of effective quenching rates and, consequently, absolute particle densities with conventional nanosecond laser systems in collision-dominated situations without information on the quenching processes required. For a proof-of-principle we use a flow-tube reactor to generate O-atoms, which are diagnosed in the overlap of two focussed laser beams – one at $\lambda = 225\text{nm}$ for two-photon excitation and the other at $\lambda = 338\text{nm}$ for subsequent photoionization. The particular source provides a basis for comparison, because the quenching rate of the laser-excited atoms can be calculated from measured quenching coefficients and known collider densities. The results of preliminary measurements are promising. The applicability of this method limited by the high radiation intensities required for substantial photoionization and the associated risk of artificial particle generation, e.g. by photodissociation, may be extended using alternative schemes of two-photon excitation to higher states from which photoionization can be achieved with lower photon energies.

P 14.17 Sa 14:45 Poster HU

Absolute Atomic Oxygen Density Measurements in an RF Excited Atmospheric Pressure Plasma Jet (APPJ) by Two-Photon Laser-Induced Fluorescence Spectroscopy (TALIF) — •K. NIEMI, S. REUTER, V. SCHULZ-VON DER GATHEN, and H. F. DÖBELE — Universität Duisburg-Essen, Fachbereich Physik, Universitätsstr. 5, 45117 Essen

The APPJ operated with a high helium flux and small molecular admixtures such as oxygen, fluorine or hydrogen contains a homogeneous plasma generated between concentric electrodes by capacitively coupled RF power at 13.56 MHz [Selwyn et al. 1998 *IEEE Trans. Plasma Sci.* **26** 1685]. The jet effluent leaving the discharge through a ring-shaped nozzle contains high concentrations of radicals at a low temperature – the key-property for a variety of applications like etching, coating, sterilization and decontamination of temperature sensitive surfaces and possibly *in-situ* medical treatment. We report on quantitative atomic oxygen density measurements in the effluent of an APPJ by TALIF using a novel calibration scheme with xenon. Near the nozzle atomic oxygen densities up to $3 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ and a temperature of 80°C were measured at a helium flux of $2 \text{ m}^3/\text{h}$, an oxygen admixture of 0.5% and an RF-power of 150 W. The atomic density decreases by two orders of magnitude along a distance of $\sim 10 \text{ cm}$ from the nozzle while remaining concentrated on axis.

This work was supported by the 'Ministerium für Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen'.

P 14.18 Sa 14:45 Poster HU

Electric field measurements by Doppler-free spectroscopy in hydrogen — •MINJA GEMISIC ADAMOV, ANDREAS STEIGER, and JOACHIM SEIDEL — Physikalisch-Technische Bundesanstalt Berlin

Direct measurements of local electric field strengths in low-density plasmas are possible by Doppler-free two-photon spectroscopy, based on the Stark splitting of the atomic resonance lines. For this purpose, an advanced pulsed UV-laser tuneable around 205 nm is used which provides both the high peak power needed for two-photon excitation and the high spectral resolution required to resolve hyperfine splitting. Hydrogen is suitable because of the simplicity of its spectra and its presence in most low density plasmas. In this experiment atomic hydrogen is produced by thermal dissociation in a small cell filled with hydrogen gas. In the homogeneous electric field between two parallel electrodes, the Stark-splitting of the 1S-3S, 3D transition is detected by an opto-galvanic signal and the Balmer-a fluorescence. For comparison, both signals induced by two-photon excitation at 205 nm are measured simultaneously.

P 14.19 Sa 14:45 Poster HU

Atlas of EUV spectra of light elements — •ŽELJKO ANDREIĆ¹, HANS-JOACHIM KUNZE², and ANTE HEČIMOVIĆ³ — ¹Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb, Pijerottjeva 6, 10 000 Zagreb, Croatia — ²Institute of Experimental Physics V, Ruhr-University, 44780 Bochum, Germany — ³Faculty of science, University of Zagreb, Bijenička 32, 10 000 Zagreb, Croatia

Spectra of laser produced plasmas of light elements (Be-F) were systematically gathered with the help of a flat-field grazing-incidence spectrograph build around Hitachi 1200 l/mm grating. For each element the instrumental spectrum and the "true" spectrum, cleaned of the higher order of spectral lines is assembled out of several spectra to cover as large spectral range as possible. The spectra are accompanied by tables of major identified spectral lines and description of acquisition conditions, file format and other useful details. Some basic software will also be available in future as freeware. Spectra from this atlas can be used to simplify wavelength calibration of XUV instruments built around the same or a similar gratings, line identification in this spectral range, etc.

This work is supported by the Croatian ministry of science and technology (project no. 0195052), and is also partially supported by the Alexander von Humboldt foundation.

P 14.20 Sa 14:45 Poster HU

Physical Diagnostic Design and Optimization — •HEIKO DREIER¹, ANDREAS DINKLAGE¹, RAINER FISCHER², HANS J. HARTFUSS¹, MATTHIAS HIRSCH¹, and EKKEHARD PASCH¹ —

¹Max-Planck-Institut fuer Plasmaphysik, Teilinstitut Greifswald, Wendelsteinstr. 1, D-17491 Greifswald — ²Max-Planck-Institut fuer Plasmaphysik, Boltzmannstr. 2, D-85748 Garching

In this work concepts for the design and optimization of diagnostic units for fusion plasmas will be presented. Background of this study is the preparation for the measurement of plasma parameters for Wendelstein 7-X. Depending on the physics scenario, different goals for the design can be defined, such as the reconstruction of spatial dependencies itself (e.g. density profiles) or the measurement of gradients (e.g. for bootstrap current modelling). Hence, the physical issue to be treated leads to different figures of merit for optimization. Technically, this information maximization with respect to expected data is performed within Bayesian decision theory. First studies on Thomson scattering and interferometry are subjects of the present work. Optimization parameters are, e.g., the number of sightlines and their respective geometry. Finally, it is planned to combine different diagnostics in order to arrive at *meta-diagnostics* benefitting from the respective strength of complementary measurements.

[1] R. Fischer, A. Dinklage, E. Pasch, *Plasma Phys. Control. Fusion* **45**, 1095 (2003)

P 14.21 Sa 14:45 Poster HU

Konsistente Zerlegung von Massenspektren mit Hilfe der Bayesschen Datenanalyse — •THOMAS SCHWARZ-SELINGER und VOLKER DOSE — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Euratom Association, 85748 Garching

Quadrupol-Massenspektrometer bieten prinzipiell die Möglichkeit Komponenten eines Gasgemisches mit hoher Sensitivität nachzuweisen. Durch die Fragmentierung der Moleküle im Ionisator und die daraus resultierende Überlagerung der Signalanteile verschiedener Spezies ist bei vielen Anwendungsfällen jedoch die eindeutige Interpretation des Meßsignals erschwert. Bisher gängige Methoden erlauben nur eine näherungsweise Zerlegung der Spektren und liefern oft unphysikalische Ergebnisse wie z.B. negative Konzentrationen. Die Zerlegung der Massenspektren mit Hilfe der Bayesschen Datenanalyse überwindet diese Einschränkungen. Sie erlaubt, die Daten zusammen mit allen Zusatzinformationen wie etwa den Kalibriermessungen zu analysieren. Durch die konsistente Einbeziehung der Meßgenauigkeit in die Analyse erhält man neben den Erwartungswerten für die relativen Konzentrationen auch die Fragmentierungsmuster und zusätzlich deren Vertrauensintervalle. Damit ist es mit dieser Methode auch möglich Radikale verlässlich zu identifizieren und deren Fragmentierungsmuster zu bestimmen. Die Frage, wie viele Komponenten in einem unbekannten Gasgemisch enthalten sind, kann mit Hilfe der Methode des Modellvergleichs beantwortet werden. Die Grundlagen der Methode werden vorgestellt und an Hand von Beispielen erläutert.

P 14.22 Sa 14:45 Poster HU

Electron heating by vibrationally excited molecules in the afterglow of a pulsed, inductively coupled rf discharge — •DEBORAH O'CONNELL¹, MARIANA OSIAC¹, BRIAN HEIL¹, THOMAS SCHWARZ-SELINGER², MILES TURNER³, TIMO GANS¹, and UWE CZARNECKI¹ — ¹Institut für Plasma- und Atomphysik, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum, Germany — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, 85748 Garching, Germany — ³Plasma Research Laboratory, Dublin City University, Dublin 9, Ireland

Investigations in the afterglow of a pulsed-mode, inductively coupled, hydrogen plasma reveal that the positive space charge sheath does not fully collapse in the post discharge. Time resolved measurements of ion energy distribution functions (IEDFs), using a mass resolved ion energy analyser incorporated into the grounded electrode, exhibit a finite energy of a few eV, for several hundred micro-seconds in the afterglow. This is attributed to electron heating by super-elastic collisions with vibrationally excited molecules. A particle in cell (PIC) simulation confirms electron heating through super-elastic collisions. Measurements of the vibrational temperature, by optical emission spectroscopy, also support this electron heating mechanism. Decay times for the electron density, measured with a Langmuir-probe, are in good agreement with the decay of the ion flux. The project is funded by the DFG in the frame of SFB 591.

P 14.23 Sa 14:45 Poster HU

ICP OES Präzisionsmessverfahren für die Elementanalytik — •OLAF RIENITZ — Bundesallee 100, 38116 Braunschweig

Das Präzisionsmessverfahren mit Hilfe der ICP OES (Inductive Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy, Spectro Ciroc CCD) beruht auf der Plasma-Fluoreszenzemission des untersuchten Elements. Dabei werden bis zu 10 verschiedene Spektrallinien einer frisch präparierten primären Lösung sowie einer Lösung unbekannten Elementgehaltes analysiert. Die Vielzahl der für die Analyse nutzbaren Spektrallinien wird durch die hohe Anregungsenergie, die im Plasma zur Verfügung steht, erreicht. Die Fluoreszenz wird über einen Gittermonochromator spektral zerlegt und simultan im Spektralbereich von 130 nm bis 750 nm mit Hilfe eines CCD-Arrays detektiert. Der Elementgehalt der primären Lösung wird anhand der Peakflächen iterativ an den der unbekannten Lösung angepasst. Als interner Standard wird überwiegend Yttrium verwendet. Die Lösungen werden im sog. Bracketing-Verfahren gemessen. Mit diesem Verfahren ist es gelungen, am Beispiel von Cu- und Fe-Lösungen relative Messunsicherheiten im Bereich von 0,05 bis 0,07 Prozent für den Massenanteil zu erreichen. Die vorgestellte Methodik ist Teil des Projektes Rückführungssystem für die Elementanalytik.

P 14.24 Sa 14:45 Poster HU

Untersuchung plasmopolymerisierter Barrièreschichten auf Polymeren — •M. LEINS, A. SCHULZ, M. WALKER und U. STROTH — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 31, D-70569 Stuttgart, Deutschland

Die Permeation von Gasen, wie z. B. von O₂ oder CO₂, stellt in der Lebensmittelverpackungsindustrie ein schwerwiegendes Problem dar. Auch in anderen Bereichen werden flexible Polymere mit guten Barriereeigenschaften gefordert. Hier können z.B. die Entwicklung und Herstellung von organischen LEDs oder organischen Solarzellen genannt werden.

Es gibt verschiedene Methoden die Barriereeigenschaften von Polymeren zu verbessern. In der Verpackungsindustrie werden vor allem Polymere, die Polyvinylidenchlorid- (PVDC) oder Ethylenvinylalkohol- (EVOH) Schichten enthalten, verwendet. Zudem sind häufig Schichten nötig, die die Bindung zwischen Polymer- und Barrièreschicht verstärken. So ergibt sich ein mehrschichtiger Aufbau des Polymer mit deutlich verbesserten Barriereeigenschaften.

Das Poster behandelt die Erzeugung und Untersuchung plasmopolymerisierter Barrièreschichten auf Polyethyleneterephthalat (PET, Dicke: 26 µm). Zur Herstellung der Barrièreschichten wurde eine Mikrowellenplasmaanlage in Form einer ECR (Electron Cyclotron Resonance)-Anordnung verwendet. Hiermit ist es möglich großflächig, homogene Schichten abzuscheiden. Für die Abscheidung der SiO_x-Schichten wurden Sauerstoff (O₂) und eine organische Siliziumverbindung Hexamethyldisiloxan (HMDSO) eingesetzt. Die Schichten wurden mit Hilfe der Infrarotsorptionsspektroskopie (FT-IR) und Rasterelektronenmikroskopie (REM)-Untersuchungen charakterisiert. Die Sauerstoffpermeation wurde mit der Trägergasmethode als Funktion der Zeit gemessen. Für die Analyse der O₂-Moleküle wurde ein Keramik- (ZrO₂) Detektor eingesetzt.

P 14.25 Sa 14:45 Poster HU

Control of chaotic transport in Hamiltonian systems — •G. CIRAOLO¹, C. CHANDRE¹, R. LIMA¹, M. VITTOT¹, M. PETTINI², and PH. GHENDRIH³ — ¹Centre de Physique Théorique, CNRS, Marseille, France — ²Osservatorio Astrofisico di Arcetri, Firenze, Italy — ³Departement de Recherche sur la Fusion Controlee, CEA-Cadarache, France

Chaos often represents a severe obstacle for the set-up of many-body experiments, e.g., in fusion plasmas or turbulent flows. We propose a strategy to control chaotic diffusion in Hamiltonian systems. The core of our approach is a small apt modification of the system which channels chaos by building barriers to diffusion. It leads to practical prescriptions for an experimental apparatus to operate in a regular regime (significant enhancement of confinement).

P 15 Hauptvortrag (J. Winter)

Zeit: Montag 10:15–11:00

Raum: HU 3038

Hauptvortrag

P 15.1 Mo 10:15 HU 3038

Staub in Plasmen — •JÖRG WINTER — Institut für Experimentalphysik II, Ruhr-Universität Bochum

Die Anwesenheit von kleinsten Partikeln (Staub) in Plasmen ist ein weit verbreitetes Phänomen. Man findet Staub in kosmischen Plasmen, in Fusionsreaktoren und bei vielen Prozessplasmen im Labor. Die Existenz der Partikel ist einerseits gefürchtet, beispielsweise bei der Herstellung von Mikrochips, andererseits werden sie gezielt hergestellt z.B. in

der modernen Werkstoffentwicklung. Ihre Anwesenheit kann die Plasmaleigenschaften stark verändern. Die Staubpartikel werden entweder durch homogene Nukleation in reaktiven Plasmen (sukzessive Ionen-Molekülreaktionen) oder durch heterogene Prozesse wie z.B. durch die Ablation von Werkstoffen der Reaktorwand erzeugt. In diesem Beitrag wird die faszinierende Physik der staubhaltigen Plasmen sowie ihr Nachweis und ihre Charakterisierung anhand von aktuellen Beispielen diskutiert.

P 16 Magnetischer Einschluß 1

Zeit: Montag 11:00–12:45

Raum: HU 3038

Fachvortrag

P 16.1 Mo 11:00 HU 3038

Spatiotemporal fluctuation structures and intermittent transport in the scrape-off layer of Alcator C-Mod — •OLAF GRULKE — MPI für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, 17491 Greifswald

Experimental observations and nonlinear numerical simulations indicate that a major contribution to the cross-field transport in the scrape-off layer (SOL) is caused by intermittent events. These events are related to fluctuation structures, called 'blobs', 'avaloids', 'intermittent plasma objects', which form and propagate coherently radially into the SOL. Such intermittent transport events are not only important for confinement properties of fusion devices but have also a strong impact on divertor heat loads and wall recycling phenomena. Investigations on the dynamics of turbulent SOL fluctuations using turbulence imaging in Alcator C-Mod is presented. The main diagnostic tools for the characterization of blobs are a fast camera (frame-rate 250kHz) recording D_α light fluctuations and a radial array of fast D_α diodes. The field of view covers the SOL and edge plasma at the outer midplane (8×8cm). It shows that blobs form close to the separatrix in the high pressure gradient region and propagate into the SOL, thereby causing radial correlation lengths longer than the blob size. The optical measurement in combination with Langmuir probe measurements shows that the radial propagation is a result of the self-consistent dipole-like plasma potential structure associated with the blobs. Radial correlations are not only found to be limited to the scrape-off layer but extend across the separatrix into the edge plasma showing the close interplay between the edge and SOL plasma.

[1] O. E. Garcia *et al.*, Phys. Rev. Letters **92**(16), 2004

P 16.2 Mo 11:30 HU 3038

Pattern recognition methods for 2d turbulence characterization

— •HENNING THOMSEN¹, T. KLINGER¹, R. KÖNIG¹, A. ALONSO², and C. HIDALGO² — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, Germany — ²Laboratorio Nacional de Fusion, Association EURATOM-CIEMAT, 28040 Madrid, Spain

Tremendous efforts in the field of plasma turbulence were undertaken in recent years in order improve the understanding, by theory with sophisticated numeric simulations in more and more realistic geometry and by the experimentalists with improved diagnostics like turbulence imaging techniques. Statistical turbulence characterization is mandatory for an objective comparison between theory and experiment. Since the experimental measurements predominantly took place in only one spatial dimension with a very good temporal resolution, the characterization was usually limited to spectral analysis and correlation techniques. Nowadays, extremely fast cameras are available, which allow turbulence imaging in two spatial dimensions with a good spatial and temporal resolution. Completely new data analysis tools are necessary for an objective evaluation of the data and a comparison to numerical results. In this paper we present such a data evaluation method based on pattern recognition and motion capture techniques, which allow for the automatic derivation of velocity fields, distributions of structure life times and other characteristic turbulence quantities. Turbulence imaging data from the TJ-II stellarator are presented and the capabilities of the new analysis methods are demonstrated.

P 16.3 Mo 11:45 HU 3038

Spatio-temporal diagnostic of coherent structures — •IULIAN TELIBAN, DIETMAR BLOCK, and ALEXANDER PIEL — IEAP, CAU Kiel, Olshausenstr. 40-60, 24098 Kiel

Coherent structures are believed to play an important role in plasma turbulence, because of their significant contribution to anomalous transport processes across magnetic field lines. Analysis of experimental results and numerical simulations indicate that coherent structures are spatially and temporally well localized, and that they can dominate the turbulent flow, hence it is desired to extract the coherent part out of the incoherent background by using adequate analysis methods. In the past the conditional averaging method was used to achieve this. In the most simple case, conditional averaging is a specific two-probe correlation technique, which has sever limitations with respect to the amplitude, life time and structure size estimations. Recently, advanced 2D probe array techniques started to compete with the method of conditional averaging. Here, we will present a newly developed probe array. The probe array is designed to fully cover a plasma column of 5 cm diameter, and is already tested in

the linear magnetized, low β plasma device, KIWI. We will discuss the properties of the new system of probes using simulated data, and show the first experimental results for the drift waves in the KIWI device.

P 16.4 Mo 12:00 HU 3038

Untersuchungen der parallelen Dynamik von Driftwellenturbulenzen im Torsatron TJ-K — •N. MAHDIZADEH¹, F. GREINER¹, T. HAPPEL¹, M. RAMISCH¹ und U. STROTH² — ¹Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität Kiel — ²Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart

2-dimensionale Messungen zur Turbulenz in TJ-K zeigen die typischen Eigenschaften von Driftwellenturbulenzen. So sind die Dichte- und Potentialfluktuationen annähernd in Phase und die charakteristische Größe der Fluktuation skaliert mit $\rho_s = \sqrt{\frac{M_e T_e}{eB}}$. Im Gegensatz zu MHD-Instabilitäten besitzen Driftwellen eine endliche parallele Wellenlänge. Aufgrund dieser Eigenschaft ist die Untersuchung der parallelen Dynamik von großer Bedeutung. Dazu werden mit einer 8×8-Sondenmatrix aufgenommene Fluktuationen mit einer verfahrbaren Sonde an unterschiedlichen toroidalen Positionen korreliert. Um die Verbindung zwischen zwei Sonden entlang des Magnetfeldes herzustellen, werden zunächst die Durchstoßpunkte einer Feldlinie durch einen Plasmäquerschnitt mit einer thermionischen Mikroentladung bestimmt. Die Verwendung einer 2-dimensionalen Sondenmatrix erlaubt es, zwischen der Dynamik von Wellenfronten und von lokalisierten Strukturen zu unterscheiden.

P 16.5 Mo 12:15 HU 3038

Plasma-Biasing im Torsatron TJ-K — •M. RAMISCH¹, F. GREINER¹ und U. STROTH² — ¹Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität Kiel — ²Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart

Zuerst im ASDEX und dann in weiteren toroidalen Fusionsexperimenten wurden spontane Übergänge in Regime höherer Einschlussqualität, d.h. in die sogenannte H-Mode, beobachtet. Die in der H-Mode auftretenden Transportbarrieren werden auf die Begrenzung der radialen Kohärenzlänge turbulenter Strukturen durch $E \times B$ -Scherströmungen zurückgeführt. Lokalisierte, radiale elektrische Felder spielen hierbei eine wichtige Rolle. In weiteren Untersuchungen – vorwiegend in Tokamaks – konnten radiale elektrische Felder und somit H-Moden-ähnliche Zustände durch externes Plasma-Biasing induziert werden. Auch im Torsatron TJ-K können das Gleichgewicht und die Dynamik durch Biasing einer ringförmigen Elektrode modifiziert werden, wobei die eingekoppelte ECRH-Leistung eine ausgeprägte Hysterese zeigt. Während Separatrix-Biasing in Wasserstoff eher zu einer Verschlechterung des Einschlusses führt, kann durch Biasing im Einschlussbereich die $E \times B$ -Scherströmung effizient erhöht werden. Raumzeitliche Untersuchungen mit bis zu 64 Langmuir-Sonden erlauben eine detaillierte Analyse der verschiedenen Plasmazustände. Dabei stehen der radiale Transport und der Einfluss der Scherströmungen auf kohärente Strukturen im Vordergrund.

P 16.6 Mo 12:30 HU 3038

Invarianz von Plasmarandprofilen unter extremem Teilchenfluss

— •MICHAEL KÖNIG¹, PETER LANG², GERALD KAMELANDER¹, JOSEF NEUHAUSER², and JÖRG STOBER² — ¹TU Wien — ²IPP Garching

Es wurden Experimente am Tokamak ASDEX Upgrade durchgeführt, bei denen massiv der Teilcheninhalt des Plasmas durch den Einschuss von gefrorenen Wasserstoffkugeln, sogenannten Pellets, erhöht wird. Nach Abschluss dieser Pelletphase findet man einen ausgeprägten Dichteabfall, der auf einen erheblichen Teilchenfluss aus dem Plasma hindeutet. Messungen der Randprofile zeigen, dass sich die Gradienten dieser Profile kaum verändern, wohl aber der Fluss durch den Rand. Es scheint daher eine Invarianz von Plasmarandprofilen unter extremem Teilchenfluss zu geben. Diese Arbeit zeigt eine Analyse der Randprofile und des durch den Rand stattfindenden Teilchenflusses in der Phase bevor die Pellets eingeschossen wurden und in der Phase mit erhöhtem Teilcheninhalt im Plasma nach dem Pelleteinschuss. Die so gewonnenen Erkenntnisse ermöglichen einen Vergleich der gemessenen mit den theoretischen bzw. simulierten Dichte-, Druck- und Temperaturabfällen am Plasmarand. Damit kann der Transport durch den Plasmarand analysiert werden. Ein genaues Verständnis des Plasmarandes und damit des Plasmeinschlusses in Fusionsreaktoren ist einer der wichtigsten Schritte für deren Weiterentwicklung zu den Energierträgern der Zukunft.

P 17 Staubige Plasmen 1

Zeit: Montag 11:00–12:45

Raum: HU 3059

Fachvortrag

P 17.1 Mo 11:00 HU 3059

Struktur sphärischer Staubwolken — •DIETMAR BLOCK¹, OLIVER ARP¹, ALEXANDER PIEL¹ und ANDRE MELZER² — ¹IEAP, CAU Kiel, Olshausenstr. 40-60, 24098 Kiel — ²EMAU Greifswald, Domstr. 10a, 17489 Greifswald

Mit der Erzeugung ausgedehnter homogener sphärischer Staubwolken in einer Plasmaentladung (“Coulomb balls”) [1] haben sich für die Untersuchung stark gekoppelter Systeme eine Vielzahl von interessanten neuen Möglichkeiten eröffnet. Im Vergleich mit anderen Systemen, wie z.B. Ionenkristallen, bestechen die Coulomb balls durch ihre hohe optische Transparenz und ihre makroskopischen Abmessungen von einigen Millimetern. Diese Eigenschaften ermöglichen es erstmals statische und sogar dynamische Eigenschaften stark gekoppelter dreidimensionaler Systeme auf mikroskopischer Skala zu untersuchen. Im Rahmen dieses Vortrages werden Experimente vorgestellt, die mit Hilfe von videomikroskopischen Aufnahmen die strukturellen Eigenschaften der Coulomb balls sowohl an deren Oberfläche als auch im Volumen untersuchen. An Hand von Vergleichen mit anderen kristallinen stark gekoppelten Systemen und molekulardynamischen Rechnungen wird diskutiert, ob Coulomb balls die typischen Merkmale stark gekoppelter kristalliner Systeme besitzen und in wieweit sie als eine Art Modellsystem betrachtet werden können.

P 17.2 Mo 11:30 HU 3059

Theoretical analysis of spherical 3D Coulomb and Yukawa crystals — •S. KOSSE¹, V. GOLUBNYCHIY², P. LUDWIG², H. BAUMGARTNER², W.-D. KRAEFT², M. BONITZ², and H. FEHSKE¹ — ¹Institute of Physics, Ernst-Moritz-Arndt-University Greifswald, 17487 Greifswald — ²Institute for Theoretical Physics and Astrophysics, Christian Albrechts University Kiel, D-24098 Kiel

Recently, three-dimensional spherically symmetric Coulomb crystals have been experimentally produced in ultracold ions and dusty plasmas [1]. Besides, they have been predicted to form in expanding laser-cooled neutral plasmas [2]. Here, we present a detailed theoretical analysis of these crystals. Our results are based on high precision classical Molecular dynamics simulations [3] and compared with analytical shell models. We report results for the ground state shell configuration and the lowest metastable states. Further, the cluster symmetry and stability is analyzed. A central issue is the dependence of the cluster properties on the interparticle potential which in most experiments deviates from a pure Coulomb potential. We, therefore, analyze the effect of static screening (Yukawa potential) on the crystal properties and the melting behavior. We show that the experimentally observed configuration can be accurately explained in the frame of Yukawa interaction by a suitable choice of the screening parameter.

[1] O. Arp, D. Block, A. Piel, and A. Melzer, Phys. Rev. Lett. **93**, 165004 (2004); [2] T. Pohl, T. Pattard, and J.M. Rost, Phys. Rev. Lett. **92**, 155003 (2004); [3] P. Ludwig, S. Kosse, and M. Bonitz, Phys. Rev. E (2005), [ArXiv:physics/0409095 and physics/0409100].

P 17.3 Mo 11:45 HU 3059

Three dimensional plasma crystals in microgravity — •PETER HUBER¹, VLADIMIR E. FORTOV², ALEXEI V. IVLEV¹, ANDREY M. LI-PAEV², VLADIMIR I. MOLOTKOV², GREGOR E. MORFILL¹, MILENKO RUBIN-ZUZIC¹, and HUBERTUS M. THOMAS¹ — ¹Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics, — ²Institute for High Energy Densities, 127412 Moscow, Russia

In many crystallisation experiments with PKE-Nefedov, we observed crystalline order in a small area close to the sheath region. Even after several minutes the size of the crystal did not increase. In one of the latest experiments, a few minutes after injecting particles, when the complex plasma has reached a steady state, the pressure was reduced in little steps. Every step causes a little ‘puff’ of gas, which disturbs the equilibrium position of the particles. These little kicks precipitate an annealing of crystal defects, so that a large crystalline region is formed. A scan in depth provided us finally with a 3-dimensional view of the crystal. In contrast to crystals with similar particles under normal gravity it was found that in space the crystal planes where not mainly oriented parallel to the electrode. It is found that the crystal consists of domains with different orientation and different crystalline structure. This allows us to investigate the physics of 3-D domain boundaries, de-excitation of lattices, annealing etc. at the kinetic (individual particle) level.

P 17.4 Mo 12:00 HU 3059

Lasersystem zur Manipulation von Teilchen in staubigen Plasmen — •MATTHIAS WOLTER und ANDRÉ MELZER — Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald

Seit der Entdeckung von Plasmakristallen vor 10 Jahren erfährt dieser Bereich der Plasmaphysik ein enormes Interesse. In Laborexperimenten auf der Erde ist es möglich, 2D Plasmakristalle zu erzeugen und zu untersuchen. Will man aber Experimente mit räumlich ausgedehnten Plasmakristallen (3D Strukturen) durchführen, müssen diese Versuche unter Ausschluss der Gravitation stattfinden, z.B. auf Parabelflügen oder besser in Langzeitexperimenten im Weltraum. Wir entwickeln ein Manipulationssystem für die gezielte Anregung von einzelnen Staubpartikeln bis hin zu kompletten Kristallanordnungen in staubigen Plasmen, unter der Vorgabe, dass unser System in Experimenten auf Parabelflügen eingesetzt werden soll. Dieses System soll als Vorstufe für das geplante Staubaperiment an Bord der Internationalen Raumstation dienen. Deshalb ist es notwendig, dass unser System eine hohe Laserleistung und maximale Beweglichkeit des Laserstrahles besitzt, dabei aber kompakte Abmessungen und eine geringe Leistungsaufnahme hat. Mit unserem derzeitigen System war es uns bereits möglich, Plasmakristalle im Labor gezielt zu manipulieren und Experimente zu Heizungsvorgängen und Phasenübergängen durchzuführen. Diese Experimente, Erwartungen an die Experimente unter Schwerelosigkeit und unser Manipulationssystem sollen in diesem Vortrag vorgestellt werden.

P 17.5 Mo 12:15 HU 3059

Dust-Acoustic Waves in magnetisierten komplexen Plasmen — •THOMAS TROTENBERG, DIETMAR BLOCK und ALEXANDER PIEL — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität Kiel, 24098 Kiel

Schallartige Kompressionswellen können in staubigen Plasmen direkt mittels Kamerabeobachtung auf mikroskopischer Skala untersucht werden. Zum einen kann man auf diese Weise den Wellenmechanismus im Detail studieren, zum anderen eignen sich diese Wellen auch für diagnostische Zwecke. In diesem Vortrag werden experimentelle Untersuchungen zu Dust-Acoustic Waves (DAW) in einem magnetisierten staubigen Plasma (Firerod) vorgestellt. Die Wellen können in stabilen Parameterregimen fremderregt werden, was eine experimentelle Bestimmung der Dispersionsrelation ermöglicht, wogegen in anderen Regimen selbsterregte Wellen (Instabilitäten) auftreten. Auswertung der Kamerabilder und Plasmadiagnostik erlauben einen Vergleich mit theoretischen Modellen. Ausgehend von der einfachsten Form der DAW (Rao et al., 1990) werden weitere Terme in die Dispersionsrelation eingefügt, die den driftenden Ionen und Elektronen, dem Ion-Drag und der Neutralgasreibung der Partikel Rechnung tragen. Sobald der Mechanismus der Wellen verstanden ist, liegt es nahe, die Partikel zur Diagnostik des Plasmas einzusetzen. Solche diagnostischen Möglichkeiten werden diskutiert. Die experimentellen Details werden in einem Posterbeitrag präsentiert (‘Magnetisierte staubige Plasmen unter Schwerkraftbedingungen’).

P 17.6 Mo 12:30 HU 3059

Selbsterregte Wellen in komplexen Plasmen unter Mikrogravitation — •MARKUS KLINDWORTH, OLIVER ARP, IRIS PILCH, MATTIAS KROLL und ALEXANDER PIEL — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität Kiel, 24098 Kiel

Plasmen mit einer zusätzlich injizierten Teilchenspezies in Form von elektrisch geladenen Partikel bezeichnet man als Komplexe (“staubige”) Plasmen. Unter Schwerelosigkeit lassen sich die Vorteile von mikrometergroßen Partikeln, z.B. hohe Ladung und gute Beobachtbarkeit mit Videomikroskopen, mit der Bildung von ausgedehnten Staubwolken im Plasma kombinieren. Diese Komplexe Plasmen zeichnen sich typischerweise durch einen zentralen staubfreien Bereich (“void”) aus. In den auf Parabelflügen durchgeföhrten Experimenten wurden ausgehend von einer Instabilität der scharfen Void-Berandung selbsterregte Wellen mit großer Amplitude in der Partikeldichte beobachtet. Diese Kompressionswellen propagieren radial bis an den Rand des Plasmas, wobei sich ihre Frequenz und Wellenzahl vor der varierenden mittleren Hintergrundstaubdichte messen lässt. Die Beobachtungen werden mit den gängigen Modellen für Kompressionswellen in Komplexen Plasmen verglichen. Das Wachstum der Welle erlaubt zudem Rückschlüsse auf den treibenden Mechanismus im dämpfenden Neutralgashintergrund. Die Nutzung solcher Wellenbe-

obachtungen als diagnostische Methode z.B. zur Bestimmung der Parti-

kelladung wird diskutiert.

P 18 Hauptvortrag (K.H. Spatschek)

Zeit: Montag 14:00–14:45

P 18.1 Mo 14:00 HU 3038

Hauptvortrag
Nichtlineare Dynamik stochastischer und relativistischer Plasmen: Theorie und Anwendungen — •KARL HEINZ SPATSCHEK —
 Theor. Physik, Uni Düsseldorf

In jüngster Zeit hat die Nichtlineare Dynamik die Entwicklung auf zwei Hauptgebieten der Plasmaphysik wesentlich geprägt und das Verständnis entscheidend beeinflusst. Stochastische Plasmen, d.h. Plasmen mit (auch extern aufgeprägten) Fluktuationen im Nichtgleichgewicht, stehen hauptsächlich beim magnetischen Einschluss im Vordergrund des Forschungsinteresses. Fragen des anomalen Transports und der Entstehung von Transportbarrieren, der Kontrolle von ELMs (edge localized modes) und der Wärmebelastung von Wänden ließen sich mit

Raum: HU 3038

Methoden der nichtlinearen Dynamik behandeln. Relativistische Plasmen treten, außer in astrophysikalischen Systemen, vornehmlich bei der Laser-Plasma-Wechselwirkung auf. Hier wurden bei dem Verständnis der Laserspulsform und Kompression, der Absorption und Beschleunigung von Teilchen in jüngster Zeit Fortschritte erzielt, die auf einer nichtlinearen Beschreibung gründen. Aus der Sicht der Theorie haben die beiden, auf den ersten Blick grundverschiedenen Arbeitsgebiete der magnetischen Fusion und der Laser-Plasma-Wechselwirkung eine gemeinsame Klammer, die durch die nichtlineare Selbstorganisation und Dynamik gegeben ist. In dem Vortrag soll diese Gemeinsamkeit herausgearbeitet werden; neue Entwicklungen in der Grundlagentheorie werden zusammen mit anwendungsrelevanten Ergebnissen vorgestellt.

P 19 Magnetischer Einschlüsse 2

Zeit: Montag 14:45–16:00

P 19.1 Mo 14:45 HU 3038

Gyrokinetic Tokamak Edge Turbulence — •BRUCE SCOTT —
 Max-Planck-IPP, Euratom Association, Garching, Germany

The gyrokinetic model for low frequency turbulence in magnetized plasmas, heretofore very successful in the study of tokamak core phenomena, is applied to the tokamak edge. This steep-gradient region is sufficiently nonlinear that the turbulence has its own properties distinct from linear instabilities, which are found by computational diagnosis of the fully developed turbulence. The computational model is a 5-D phase-space grid representation of the gyrokinetic distribution function of each species, with field equations for the electrostatic and magnetic potentials arising from the field Lagrangian. Full energetic self consistency is assured. The transition from the edge region into the core shows clear effect of the changing collisionality and perpendicular/parallel scale length ratios, not least in the distribution of contributions to the turbulent flux in velocity space. The onset of effect due to trapped electrons following the decrease of collisionality is properly captured by the model and leads to a gradual change from fluidlike to a more kinetic “weak turbulence.” Energetic pathways from gradient to thermal disturbances to E-cross-B eddies to parallel currents and to dissipation reveal the corresponding change in mode structure and dynamical character. Progress in modelling of experimentally measured tokamak edge phenomena, including the existence of pedestal structures in the temperature and density profiles, will be reported at the conference.

P 19.2 Mo 15:00 HU 3038

Effect of Stochasticization on Electromagnetic Fluid Drift Turbulence in Fusion — •D. REISER¹, B.D. SCOTT², and T. HABERSCHEIDT¹ — ¹Institut für Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, EURATOM, Association, Trilateral Euregio Cluster, D-52425 Jülich, Germany — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, D-85748 Garching, Germany

Fluid drift turbulence is considered as a major ingredient of the so called anomalous transport in magnetically confined plasmas, causing a deterioration of confinement properties by a strong radial transport. This work gives an introduction into the theory of small scale drift turbulence relevant for the plasma edge of present fusion devices. The technical option to ergodize magnetic fields in fusion relevant tokamak experiments by externally induced magnetic perturbation fields offers the opportunity to influence drift instabilities and therefore the turbulent behaviour of plasmas. Numerical simulations are presented, illustrating the effect of magnetic islands due to single mode perturbation fields and the changes in the turbulent transport for scenarios with multi-mode perturbations (stochasticization). These results are compared to experimental results measured at EXTROR-DED. The question of a suppression of ballooning mode dominated turbulence and its relevance for Edge Localized Modes (ELMs) will be addressed.

Raum: HU 3038

P 19.3 Mo 15:15 HU 3038

Electrostatic Drift Turbulence in TEXTOR-DED — •T. HABERSCHEIDT¹, D. REISER¹, and P. BEYER² — ¹Institut für Plasmaphysik, FZ Jülich GmbH, EURATOM Association, Trilateral Euregio Cluster, D-52425 Jülich, Germany — ²Equipe Dynamique des Systèmes Complexes Laboratoire PIIM, CNRS - Université de Provence, 13397 Marseille cedex 20, France

Small scale fluid drift turbulence in the plasma edge is known to be of importance for the confinement properties of fusion devices due to its impact on the anomalous transport. A nonlinear, electrostatic 2-Field-Model for resistive ballooning modes (RBM) in drift approximation is used for the 3D tokamak configuration of TEXTOR-DED. The RBM3D code has been used in a number of simulations performed for a range of plasma parameters where resistive ballooning is expected to dominate the character of turbulence. The switch on of a magnetic field perturbation, which is generated at TEXTOR by external DED coils, introduces a stochastic magnetic field in the plasma. By means of numerical simulations the influence of this perturbation on turbulent transport and experimental observable quantities like e.g. fluctuation levels, poloidal rotation, etc., is studied for different plasma parameter ranges and for computational domains with different radial extension.

P 19.4 Mo 15:30 HU 3038

Impurity up gradient transport in plasma edge turbulence — •VOLKER NAULIN — Optics and Plasma Research, Association EURATOM-Risø National Laboratory, Roskilde, Denmark

Impurities in magnetically confined fusion plasmas poses severe restrictions on the performance of fusion devices. With the source for impurities localized in the plasma boundary region, accumulation and peaking of the impurity density and the related up-gradient transport – or pinching – is important in understanding and controlling impurity behaviour. While neoclassical effects can lead to some pinching of impurities, the rapid inward flow of impurities through the turbulent edge region of fusion devices is poorly understood. We here present an analytical prediction linking impurity pinch with the anomalous turbulent diffusion. Using 3D numerical simulations of electromagnetic drift-Alfvén edge turbulence and describing the impurities as passive scalar, we verify the analytical predictions, with numerical values on the pinch velocity close to experiment. The influence of finite mass effects is additionally discussed.

P 19.5 Mo 15:45 HU 3038

Computational Parameter Studies on Ergodic Edge Transport in TEXTOR-DED — •DEREK HARTING¹, D. REITER¹ und Y. FENG² — ¹Institut für Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, EURATOM Association, Trilateral Euregio Cluster, D-52425 Jülich, Germany — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, 17491 Greifswald, Germany

Since the 3D edge plasma fluid codepackage EMC3-EIRENE was adapted for the ergodic divertor in the tokamak TEXTOR-DED in 2003, several parameter studies with this codepackage have been carried out.

Key findings of these first modeling campaigns are reported here: the recycling neutrals lead to a local flow reversal of the charged plasma particles in front of the divertor surface at least partially due to overcharging of individual flux bundles by recycling neutrals. The perturbation field, the total recycling flux and the anomalous perpendicular transport parameters for particles, momentum and energy were varied. In this task, the variation of the perturbation field showed, that with increasing perturbation field, the plasma density is decreased over the whole domain.

The electron and ion temperature profiles are mainly affected by the perturbation field in a poloidal modulation, which correlates with the island structure of the Poincaré-Plots. Finally, a simple effective radial heat transport analysis was carried out, to study the influence of the perturbation field on the radial heat transport. This has shown, as expected, that inside the islands the radial temperature profile is flattened, and on the last 2 cm in front of the divertor surface, the radial heat flux is increased due to the bending of the field lines.

P 20 Theorie 1

Zeit: Montag 14:45–16:00

P 20.1 Mo 14:45 HU 3059

Implizites Lösungsverfahren für die zeitabhängigen Hall-MHD-Gleichungen — •LUKAS ARNOLD, JÜRGEN DREHER und RAINER GRAUER — Theoretische Physik I, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum

Die numerische Lösung der MHD-Gleichungen unter Berücksichtigung des Hall-Terms findet zunehmendes Interesse in vielen plasmaphysikalischen Anwendungen. Eine explizite Implementation des dispersiven Hall-Terms resultiert dabei in einer sehr stringenten Beschränkung des Integrationszeitschritts. Um diese zu umgehen wurde ein Lösungsverfahren entwickelt, das den Hall-Term voll implizit integriert. Das auftretende nichtlineare Gleichungssystem wird hierbei durch eine präkonditionierte Richardson-Iteration in Verbindung mit einem nichtlinearen Multigrid-schema gelöst. Vorgestellt werden die Entwicklung und Validierung des Lösen sowie seine Anwendung in der Simulation 2-dimensionaler magnetischer Rekonexion.

P 20.2 Mo 15:00 HU 3059

Vlasov schemes including magnetic fields — •HOLGER SCHMITZ und RAINER GRAUER — Theoretische Physik I, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum

In the past a lot of effort has been put into creating high quality Vlasov integration schemes. These schemes have a global high order to ensure low phase space diffusion. They aim to preserve the positivity of the distribution function and to introduce no new maxima. They are then mostly tested in a one dimensional electrostatic system. The generalization of these schemes to higher dimensions is usually proposed as a simple act of introducing a time splitting method. When a magnetic field is applied a time splitting method however introduces new problems. Although the overall time step still conserves phase space density by Liouville's theorem, the individual steps introduced by the splitting do not obey this law anymore. This has two effects. Firstly the limiting methods used in the electrostatic schemes may not be applied without modification. Secondly due to intermediate compression and re-expansion of the phase space, the schemes will be more diffusive than in the $\mathbf{B} = \mathbf{0}$ case. We present different integration schemes and their generalization to higher dimensions including a magnetic field. The quality of the schemes is compared using simple test models.

P 20.3 Mo 15:15 HU 3059

Landau-Pomeranchuk-Migdal effect in dense plasmas — •CARSTEN FORTMANN, HEIDI REINHOLZ, GERD RÖPKE, and AUGUST WIERLING — Institut für Physik, Universität Rostock, 18051 Rostock

The suppression of the bremsstrahlung cross section due to multiple scattering of the emitting electrons is an important effect in dense media (Landau-Pomeranchuk-Migdal effect). Here, we study emission from a dense, fully-ionized hydrogen plasma. Using the dielectric approach, we relate the absorption coefficient to equilibrium force-force correlation

Raum: HU 3059

functions, which allow for a systematic perturbative treatment with the help of thermodynamic Greens functions. By considering self-energy and vertex corrections, medium modifications such as multiple scattering of the emitting electrons are taken into account. Results are presented for the absorption coefficient as a function of frequency at different densities. It is shown that the modification of inverse bremsstrahlung due to medium effects becomes more significant in the low frequency and high density region.

P 20.4 Mo 15:30 HU 3059

Kovariante Theorie der Weibel-Instabilität — •URS SCHAEFER-ROLFFS und REINHARD SCHLICKEISER — Institut für Theoretische Physik, Lehrstuhl IV: Weltraum- und Astrophysik, Ruhr-Universität Bochum, D-44780 Bochum

Die Weibel-Instabilität anisotroper Plasmen stellt einen möglichen Prozess zur Erzeugung kosmologischer Magnetfelder dar. Wir untersuchen qualitativ das Verhalten linearer Wellen unter dem Ansatz einer kovarianten Dispersionsrelation in einem unmagnetisierten Plasma. Unter der Voraussetzung thermischer Plasmatemperaturen entwickeln wir analytische Approximationen und vergleichen diese mit numerischen Lösungen der Dispersionsgleichungen. Wir zeigen weiterhin, dass die kovarianten Wachstumsraten gut mit den bisherigen nicht-kovarianten Ergebnissen übereinstimmen.

P 20.5 Mo 15:45 HU 3059

Kinetisches Elektronenmodell für kapazitiv gekoppelte Plasmen — •FRANK HAMME und RALF PETER BRINKMANN — Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, Ruhr-Universität Bochum, D-44780 Bochum.

Die kinetische Beschreibung der Elektronenkomponente eines Plasmas basiert auf der (6+1)-D kinetischen Gleichung bzw. deren Lösung, der Elektronenverteilungsfunktion EDF. Da diese Gleichung in voller Allgemeinheit weder analytisch noch numerisch lösbar ist, sind Vereinfachungen unvermeidbar. Unter der Annahme einer schwach anisotropen Elektronenbewegung stellt die reduzierte kinetische Theorie eine gute Näherung dar. Durch Verwendung der sog. Zweitermentwicklung führt diese Näherung auf eine nur noch (4+1)-D kinetische Theorie. In kapazitiv gekoppelten Niederdruckplasmen erfüllt nur der Plasmabulk die für die obige Näherung nötige Voraussetzung schwacher Anisotropie. Daher kann auch nur der Bulk durch eine reduzierte kinetische Theorie korrekt beschrieben werden. Es ist also nicht möglich die kinetischen Effekte der Plasmarandschicht, wie z.B. die stochastische Heizung, mittels eines Zweitermansatzes zu erfassen. Diesen Mangel beheben wir, indem wir auf der Basis eines vollständig kinetischen, aber 1D Plasmamodells eine Randbedingung für das reduzierte kinetische Modell herleiten. Somit erhalten wir letztendlich ein in sich geschlossenes Plasmamodell, das auf der Zweitermentwicklung beruht und trotzdem nicht unter dem Verlust der kinetischen Randschicht-Effekte leidet.

P 21 Poster: Plasma-Wand Wechselwirkung 2, Theorie 2, Dichte Plasmen 1, Schwerionen- und lasererzeugte Plasmen 2

Zeit: Montag 16:30–18:30

Raum: Poster HU

P 21.1 Mo 16:30 Poster HU

Shadows in magnetised plasmas — •OLE WALDMANN, BERND KOCH und GERD FUSSMANN — Institut für Physik der Humboldt Universität zu Berlin

a distinct shadow region extending over large distances ($\geq 1\text{ m}$) is observed by bare eye downstream of the target. In addition, for some plasma conditions, the region upstream of the target becomes brighter forming a so called “inverse shadow”. In this work we present an experimental study of this effect. The presented results were obtained at the linear plasma

Immersing a small target in a plasma streaming along a magnetic field,

device PSI-2. This device produces a clear hollow-shaped profile in electron temperature and density ($B \approx 0.1$ T, $n_e \approx 10^{16} - 10^{19}$ m $^{-3}$, $T_e \approx 1 - 15$ eV). Differently shaped objects made from tungsten and mounted floating were placed in the plasma column. Langmuir probes and passive spectroscopy were used as diagnostic methods. Measurements were performed in the up- and downstream direction of the tungsten objects. In contrast to earlier predictions there was quite a strong effect on the density not only in the shadowed region but over the whole plasma cross-section whereas the electron temperature was only marginally affected.

P 21.2 Mo 16:30 Poster HU

Experimental Investigation on the Plasma-Wall Transition — •TILMANN LUNT¹, NAOMICHI EZUMI², GERD FUSSMANN¹, and WERNER BOHMEYER¹ — ¹Institut für Physik der Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin, Germany — ²Nagano National College of Technology, Nagano 381-8550, Japan

The streaming of an argon plasma towards an absorbing target plate was studied experimentally by means of Laser Induced Fluorescence. This non-perturbative diagnostic allows the measurement of the ion velocity distribution, and thus the streaming velocity and the ion temperature in particular. In contrast to expectations based on B2-Eirene code simulations[1] which model the streaming of a hydrogen plasma through a magnetic nozzle field, it is found that the flow is generally sub-sonic in the region behind the last magnetic coil and the neutralizing target. Half-sided Maxwellian ion-distribution functions as predicted by Emmert[2] with Mach numbers around $M \sim 0.5$ are typical for standard recycling conditions within a distance of the mean free path length from the target. Larger flow velocities with highly non-Maxwellian distributions, possibly exceeding $M = 1$, are, however, observed under maximum gas pumping conditions. The delicate influence of the neutrals on the flow behaviour is also corroborated by numerical simulations.

[1] H. Kastelewicz and G. Fussmann, Contrib. Plasma Phys. 44, N0.4, 352-360 (2004)

[2] G. A. Emmert, R. M. Wieland, A.T. Mense et al., Phys. Fluids 23, 803-812 (1980)

P 21.3 Mo 16:30 Poster HU

In situ Schichtdickenmessung von a-C:H-Schichten — •GORDON KRENZ, WERNER BOHMEYER und GERD FUSSMANN — Institut für Physik Humboldt Universität zu Berlin

Das Verständnis der Wechselwirkungsprozesse von Kohlenwasserstoffen in Plasmen ist von besonderem Interesse beim Einsatz von Kohlenstoff-Divertoren in Fusionsanlagen. Die Kohlenwasserstoffe interagieren mit den Wänden der Anlage und bilden sogenannte a-C:H-Schichten. Die Untersuchung der Deposition und Erosion dieser a-C:H-Schichten erfordert eine in situ-Schichtdickenmessung, um dem dynamischen Charakter dieser Prozesse verfolgen zu können. Als besonders geeignetes Messverfahren hat sich dabei eine vereinfachte Variante der Colorimetrie herausgestellt. Dabei wird das Reflektionsspektrum eines Zwei-Schichtsystems (Kollektor-Film) bei Bestrahlung mit unpolarisiertem weissen Licht untersucht. Der physikalische Hintergrund dieser Diagnostik beruht auf den Fresnelschen Formeln, mit deren Hilfe sich die Reflektivität des Schichtsystems berechnen lässt. Durch Vergleich zwischen theoretisch bestimmter und gemessener Reflektivität des eingestrahlten Lichts lässt sich die Schichtdicke ermitteln. Bei der Analyse von a-C:H-Schichten, die im Plasmagenerator PSI-2 des Institutes für Plasmaphysik

P 21.4 Mo 16:30 Poster HU

Ion wall velocity distribution in a weakly collisional capacitive RF discharge — •DANIEL ISRAEL¹, KARL-ULRICH RIEMANN¹, and LEV TSENDIN² — ¹Theoretische Physik I, Ruhr-Universität Bochum — ²St. Petersburg State Technical University

A simple model describing the ion velocity distribution at the wall in a weakly collisional capacitive RF discharge is presented. It starts from the Lieberman model [1] of the collisionless sheath in the frequency range $\omega_{pi} \ll \omega \ll \omega_{pe}$. Generalizing the ion dynamics for finite ion inertia, the ion velocity at the wall is modulated slightly by the RF bias, which results in the well known double peak structure in the distribution function at the wall. In order to extend the model to finite collisionality, charge exchange collisions between primary ions and cold neutral particles in the sheath are taken into account. By the restriction to the weakly collisional case only very few secondary ions are generated by collisions, and the potential of the collisionless case is hardly changed. Thus the sec-

ondary ions can be considered as test particles in the collisionless field. The corresponding distribution function of secondary ions at the wall shows the well known multi peak structure found in experimental data. By a detailed analysis, the formation of the distribution function, including the position and the relative height of the peaks, can be described. Alternatively, the collision cross section may be re-calculated from the ion velocity distribution at the wall. This method offers a suitable means to determine cross section data from measured distribution functions.

[1] M.A. Lieberman, IEEE Trans. Plasma Sci. **16**, 638 (1988)

P 21.5 Mo 16:30 Poster HU

A self-consistent model for a nonlinearly modulated plasma boundary sheath: Fourier analysis and implementation of Newton's method — •MUSTAFA BAYRAK und RALF PETER BRINKMANN — Ruhr Universität Bochum, Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, Universitätsstr. 150, D-44780 Bochum

In the last years, in-situ diagnostic methods were successfully introduced into the control of industrial plasma processes. In microelectronics, these methods are known as AEC/APC, for advanced equipment control/advanced process control. Self-excited electron resonance spectroscopy (SEERS) is a particularly successful such methods, owing to its robustness and the fact that is strictly passive and contamination free.

SEERS operates by observing the self-excitation of the so-called series resonance that occurs in bounded plasmas. The mechanism of this resonance involves a periodic exchange of energy between the electrostatic field of the plasma boundary sheath and the kinetic motion of the electrons in the bulk. A deeper understanding of the SEERS method requires a detailed analysis of the mechanisms which excite this oscillation, in particular the nonlinearities of the sheath. In this work, we present a self-consistent model of a nonlinearly modulated plasma boundary sheath. The non-linear dependence of the fourier coefficients of the current density through the sheath and the voltage across the sheath are related and their mutual dependence is characterized.

P 21.6 Mo 16:30 Poster HU

A remote ellipsometer for TEXTOR — •TIMO DITTMAR and ACHIM VON KEUDELL — Ruhr-Universität Bochum

Deposition and erosion of plasma faced surfaces within fusion reactors are a key issue for the life time estimation of the first wall of present and future fusion experiments. At the present an in-situ ascertainment of erosion rates or even changes in composition and texture of the deposited layers is not possible. This gap can be closed with the constructing of an in-situ reverse ellipsometer. Since ellipsometry offers high sensitivity, it is feasible to study processes at the plasma-wall interface in real time and with high accuracy. Ellipsometry possesses (a) mono layer film thickness resolution and (b) allows the precise determination of the optical properties of thin films. Since the optical constants of a material are closely linked with its stoichiometry it is possible to correlate them with the composition.

P 21.7 Mo 16:30 Poster HU

Design and first tests of an absorption spectrometer for the detection of deuterated hydrocarbons in front of the inner graphite wall of TEXTOR — •I. MÖLLER¹, A. SERDIOUTCHENK¹, H. SOLTWISCH¹, B. SCHWEER², and A. POSPIESZCZYK² — ¹Institut für Experimentalphysik, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum, Germany — ²Institut für Plasmaphysik, FZ Jülich, EURATOM-Association, TEC, 52425 Jülich, Germany

The identification of the intrinsic source of CD₄ and CH₄ from graphite surfaces is a challenging task in tokamaks. Therefore an absorption spectrometer system with tunable infrared diode lasers for the detection of the absolute densities of CH₄, CD₄ and their break-up products is being installed at TEXTOR. A rather long absorption path (≈ 100 cm) is achieved by using a retro reflector to guide the laser beam back and forth close to the inner graphite wall of TEXTOR. The sensitivity control and calibration of the system can be performed via a gas inlet, which is positioned in the inner wall and can blow the respective gases into the observation path. First results during TEXTOR operation are presented and possible improvements of the optical setup concerning the mechanical stability are discussed.

P 21.8 Mo 16:30 Poster HU

Collisionless reconnection using Vlasov–Darwin simulations — •HOLGER SCHMITZ and RAINER GRAUER — Theoretische Physik I, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum

We present a 2x3v Vlasov–Darwin code and the results of simulation collisionless reconnection. In the Darwin approximation of Maxwell's equations the transverse part of the displacement current is neglected. This effectively decouples Faraday's law from Ampere's law thus eliminating purely electromagnetic vacuum modes. The CFL condition on the time step of the Vlasov simulation is therefore not determined by the light speed but by the much lower phase velocity of magnetosonic wave modes. With this code we simulate collisionless magnetic reconnection assuming that the purely electromagnetic modes are not important. We compare with previous Vlasov simulations of the reconnection setup by Wiegmann and Büchner [1]. For comparison with MHD simulations of the reconnection process we identify regions in the current sheet where the different contributions of generalized Ohm's law become important. These contributions are calculated not from Ohm's law itself but directly from the moments of the distribution function.

[1] T. Wiegmann and J. Büchner, Nonlinear Processes in Geophysics **8** 127 (2001)

P 21.9 Mo 16:30 Poster HU

Lagrangische Verteilungsfunktionen der MHD-Turbulenz — •HOLGER HOMANN und RAINER GRAUER — Theoretische Physik I, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum

Die statistische Dynamik von Flüssigkeitselementen (Tracer) in voll entwickelter MHD-Turbulenz ist sowohl von theoretischem, z.B. zur Entwicklung einer statistischen Theorie, als auch von praktischem Interesse, z.B. für Diffusionsprozesse. Ein Problem von Computer-Simulationen ist die hohe Auflösung, die zur Modellierung großer Reynoldszahlen und der damit verbundenen großen Anzahl von Freiheitsgraden bzw. räumlichen Skalen erforderlich ist. Wir präsentieren einen parallelen pseudo-spektral-Code zur Berechnung der Trajektorien von Tracern in homogener, isotroper MHD-Turbulenz. Verteilungsfunktionen der Geschwindigkeitsinkremente der Tracer werden vorgestellt.

P 21.10 Mo 16:30 Poster HU

Dynamics of plasma filaments during the direct inscription of microstructures in glasses by self-focused femtosecond light pulses — •VLADIMIR MEZENTSEV¹, JÜRGEN DREHER², and RAINER GRAUER² — ¹Electronic Engineering, Aston University, Birmingham, UK — ²Theoretische Physik I, Ruhr-Universität Bochum, Germany

We present a comprehensive investigation of plasma filament dynamics during the process of direct inscription dynamically resolved in time and space by means of adaptive mesh refinement. Direct inscription of the complex microstructures in refractive materials by means of intense femtosecond radiation is one of the novel enabling technologies in modern photonics. This technology implies that pre-focused femtosecond light pulses produce phase transitions and create domains with modified refractive index. Self-focusing of the intense laser pulse is a key physical phenomenon leading to a multi-photon ionization at its final stage. In fact the very formation of plasma filament limits the catastrophic damage due to defocusing and multi-photon absorption. Eventually, the thermalization and recombination of the plasma filament leads to the modification of medium. The dynamics of the light-induced plasma filaments is extremely complex and defined by many factors. It is an extremely fast process evolving at the very fine spatial scales. We have studied the detailed evolution of plasma filaments and the role of pulse and media parameters on the shape of resulting filaments. The results are compared with experimentally obtained shapes of domains with modified refractive index.

P 21.11 Mo 16:30 Poster HU

Line opacity effects on the ITER divertor plasma — •SVEN WIESEN — Institut für Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, EURATOM Association, Trilateral Euregio Cluster, 52425 Jülich, Germany

The machine size of a fusion device like ITER is sufficiently large so that line opacity of UV hydrogen Lyman radiation becomes a relevant transport mechanism. A simple 1-D model of the SOL is discussed for which the opacity of resonance lines is included as a free model parameter and the effect on the ionisation-recombination balance and target heat load is studied. The results are compared with more detailed numerical models (i.e. EIRENE) where the radiation transfer process is included in the non LTE neutral particle kinetics. It has already been shown earlier [1] that the global neutral particle density is significantly reduced when the ITER divertor is not assumed as optically thin, for otherwise identical model parameters. The question of Zeeman splitting of the lines and the effect of other broadening mechanisms (i.e. electron and ion Stark

effect) on the opacity is discussed. It turns out that the Zeeman splitting and electron Stark broadening is only a minor effect in comparison to Doppler broadening for Lyman opacity considerations.

[1] D.Reiter, S.Wiesen, et al., J.Nuc.Mat. 313-316 (2003) 845-851

P 21.12 Mo 16:30 Poster HU

Selbstkonsistente kinetische Analyse der raum-zeitlichen Reaktion einer Neon-Glimmentladung auf eine kurzzeitige lokale Störung — •F. SIGENEGER und S. ARNDT — Institut für Niedertemperatur-Plasmaphysik, F.-L.-Jahnstr. 19, 17489 Greifswald

Die raum-zeitliche Reaktion eines zylindrischen Neonplasmas auf eine kurzzeitige lokale Störung wird theoretisch untersucht. Die selbstkonsistente Analyse des Neonplasmas beruht auf einem zeitabhängigen Hybridverfahren, das eine hydrodynamische Beschreibung von Ionen, Elektronen und angeregten Atomen mit der Lösung der Poissons-Gleichung und der axial inhomogenen Boltzmann-Gleichung der Elektronen koppelt. Die kinetische Behandlung der Elektronen liefert dabei die in die hydrodynamischen Gleichungen eingehenden ortsabhängigen Transport- und Ratenkoeffizienten der Elektronen. Die Untersuchungen beziehen sich auf den Übergangsbereich von der positiven Säule zur Anode. Im Modell wird die Störung durch einen kurzzeitigen lokalen Verlustprozess für die im $1s_5$ -Niveau angeregten metastabilen Atome ausgelöst. Ein derartiger Verlustprozess ist experimentell etwa durch einen Laserimpuls realisierbar. Die resultierende lokale Verringerung der Ionisation führt zu einer starken Modulation des elektrischen Feldes, die wiederum infolge der nichtlokalen Reaktion der Elektronen gedämpft periodische Strukturen der Teilendichten und Stoßraten im Bereich zwischen Störung und Anode hervorruft. Der weitere raum-zeitliche Verlauf ähnelt dem von Ionisationswellen. Dabei bewegen sich die Strukturen mit negativer Phasengeschwindigkeit und klingen zeitlich ab.

Die Untersuchungen wurden gefördert durch den SFB 198.

P 21.13 Mo 16:30 Poster HU

Observation of intermittent states and nonlinear wave-wave interaction in neon glow discharges — •RUSLAN KOZAKOV, CHRISTIAN WILKE, and BERNDT BRUHN — Institut für Physik, EMA Universität Greifswald, Domstraße 10a, 17489 Greifswald

Nonlinear interaction of two waves is investigated both experimentally and theoretically. In the plasma of a neon glow discharge under certain conditions two waves (s- and p-wave) are known to exist simultaneously. An intermittent behaviour of s- and p-wave interaction is proved by the analysis of the recorded spatio-temporal patterns of light emitted by plasma. Theoretical considerations predict complex dynamics in the transition region between s- and p-waves. Onset of instability is connected with codimension-two bifurcation of Hopf-Hopf type. The analysis of the dynamics is performed based on the two coupled amplitude equations of the Ginzburg-Landau type. Comparison of experimental data and theoretical predictions shows satisfactory agreement. The discrepancies are discussed.

P 21.14 Mo 16:30 Poster HU

Monte Carlo results for the hydrogen Hugoniot — •VALERIY BEZKROVNIY¹, VLADIMIR FILINOV², DIETRICH KREMP³, MICHAEL BONITZ⁴, MANFRED SCHLANGES¹, and WOLF DIETRICH KRAEFT¹ — ¹Universität Greifswald — ²Inst. High Energy Density, Moscow — ³Universität Rostock — ⁴Universität Kiel

We propose a theoretical Hugoniot obtained by combining results for the equation of state (EOS) from the Direct Path Integral Monte Carlo technique (DPIMC) and those from Reaction Ensemble Monte Carlo (REMC) simulations. The main idea of such proposal is due to the fact that DPIMC describes the EOS of hydrogen in a wide range of densities and temperatures including the region of partially ionized plasmas. For temperatures where the formation of molecules becomes dominant in the system DPIMC simulations become very cumbersome. For this region it is possible to use REMC simulations where bound states (molecules) are treated at Born-Oppenheimer level using a binding potential calculated by Kolos and Wolniewicz. The remaining interaction is then only taken to be the scattering between neutral particles which is treated classically applying effective potentials. The resulting Hugoniot is located between the experimental values of Knudson *et al.* and Collins *et al.*

P 21.15 Mo 16:30 Poster HU

Kollektive Moden und Relaxation in 2-Temperaturenplasmen — •DIRK O. GERICKE und JAN VORBERGER — Institut für Physik, E.-M.-Arndt-Universität Greifswald, Domstr. 10a, 17487 Greifswald

Es werden Plasmen mit unterschiedlichen Elektron- und Ionentemperaturen untersucht. Der Temperaturausgleich in solchen Systemen ist neben den binären Stößen durch kollektive Anregungen bestimmt [1]. Solche Anregungen lassen sich in elektronische Plasmamoden und ionakustische Wellen aufteilen. Letztere treten jedoch nur in bestimmten Situationen auf [2]. Bedingungen für das Auftreten dieser Moden werden untersucht und der Einfluß auf den Temperaturausgleich diskutiert.

- [1] M.W.C. Dharmawardana & F. Perrot, Phys. Rev. E **58**, 3705 (1998).
- [2] L.D. Landau & E.M. Lifschitz, *Lehrbuch der Theoretischen Physik*, Bd. 10 (Akademie-Verlag, Berlin, 1983).

P 21.16 Mo 16:30 Poster HU

Temperaturrelaxation und Populationskinetik in nichtidealen Plasmen — •G. GRUBERT¹, M. SCHLANGES¹, TH. BORNATH² und D.O. GERICKE¹ — ¹Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Domstraße 10a, 17487 Greifswald — ²Fachbereich Physik, Universität Rostock, Universitätsplatz 3, 18051 Rostock

Dichte Plasmen werden häufig in Zuständen mit Nichtgleichgewichtsladungsverteilungen sowie sich deutlich unterscheidenden Elektronen- und Ionentemperaturen erzeugt. Die Relaxation solcher Plasmen wird unter der Berücksichtigung der Kopplung von Ionisationskinetik und Temperaturausgleich untersucht. Zunächst werden hydrodynamische Bilanzgleichungen für die Elektronen- und Ionentemperaturen sowie die Dichten der einzelnen Ionisationsstufen abgeleitet. In nichtidealen Plasmen enthalten die resultierenden Temperaturgleichungen neben den Energietransferraten zwischen den Elektronen und Ionen Beiträge der Korrelations- und Bindungsenergien. Die Ionisationskinetik wird durch ein System von Ratengleichungen beschrieben. Nichtidealitätseffekte werden dabei in den Ratenkoeffizienten mittels eines Quasiteilchenshifts in Debye-Näherung berücksichtigt. An verschiedenen Beispielen wird das Zusammenspiel von Temperaturrelaxation und Dichtepopulation sowie der Einfluß von Korrelationen demonstriert. Oft ist dabei eine Separation der Zeitskalen zu beobachten. Dieses Verhalten wird dann zur Ableitung eines vereinfachten Schemas zur Beschreibung der Relaxation verwendet.

P 21.17 Mo 16:30 Poster HU

Thermodynamics of Weakly Nonideal Plasmas — •JAN VORBERGER, MANFRED SCHLANGES, and WOLF-DIETRICH KRAEFT — Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, 17487 Greifswald

The Equation of State and other equilibrium properties of dense plasmas are investigated by perturbation theory in the framework of Green's function technique. The influence of quantum and correlation effects is analyzed. In particular, the contribution of strong correlations in the ionic subsystem is taken into account using an HNC scheme. We compare our results to those of other analytical methods and to data of numerical Path-Integral-Monte-Carlo and Wave-Packet-Molecular-Dynamics simulations.

P 21.18 Mo 16:30 Poster HU

A relation between classical and quantum particle systems- Application to plasmas at short time scales — •KLAUS MORAWETZ — Institute of Physics, Chemnitz University of Technology, 09107 Chemnitz, Germany — Max-Planck-Institute for the Physics of Complex Systems, Nöthnitzer Str. 38, 01187 Dresden, Germany

An exact correspondence is established between a N -body classical interacting system and a $N - 1$ -body quantum system with respect to the partition function. The resulting hermitian quantum-potential is a $N - 1$ -body one. Inversely the Kelbg potential is reproduced which describes quantum systems at a quasi-classical level. The found correspondence between classical and quantum systems allows also to approximate dense classical many-body systems by lower order quantum perturbation theory replacing Planck's constant properly by temperature and density dependent expressions. As an example the dynamical behavior of an one-component plasma is well reproduced concerning the formation of correlation energy after a disturbance utilizing solely the analytical quantum - Born result for dense degenerated Fermi systems. As a practical guide the quantum - Bruckner parameter r_s has been replaced by the classical plasma parameter Γ as $r_s \approx 0.3\Gamma^{3/2}$.

- [1] K. Morawetz; Phys. Rev. E **66** (2001) 022103

P 21.19 Mo 16:30 Poster HU

Quantum molecular dynamic simulation for the equation of state — •ANDRE KIETZMANN and RONALD REDMER — Universität Rostock, Institut für Physik, 18051 Rostock

The state warm dense matter is usually located at bulk densities and temperatures of some thousand Kelvin. Examples are, e.g., dense alkali metals near the critical point or the interiors of giant planets. Quantum statistical methods have to be used to describe the physical behavior in this domain which is characterized by strong correlations. We choose the method of quantum molecular dynamic simulations (QMD) to calculate the dynamic and equilibrium properties. The behavior of the electrons is treated on the level of density functional theory (DFT). The ions are described as classical particles (Born-Oppenheimer-approximation). We use the well tested plane wave code VASP in our simulations [G. Kresse, J. Hafner, Phys. Rev. B 47, 558 (1993); G. Kresse, J. Hafner, Phys. Rev. B 49, 14251 (1994); G. Kresse, J. Furthmüller, Phys. Rev. B 54, 11169 (1996)]. VASP enables fast QMD calculations by using ultrasoft pseudopotentials in local density approximation and generalized gradient approximation. We perform QMD calculations for fluid cesium and give results for the EOS and the pair correlation function.

P 21.20 Mo 16:30 Poster HU

Ionisationskinetik in dichten Laserplasmen — •DIRK SEMKAT¹, DIETRICH KREMP¹ und MICHAEL BONITZ² — ¹Universität Rostock, Fachbereich Physik, 18051 Rostock — ²Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Theoretische Physik und Astrophysik, 24098 Kiel

Die Wechselwirkung ultrakurzer Laserpulse mit Materie ist gegenwärtig von wachsendem theoretischem und experimentellem Interesse. Eines der wesentlichen Probleme auf diesem Gebiet ist die Beschreibung der Ionisations- und Rekombinationskinetik von Atomen in einem partiell ionisierten Plasma. Das Verhalten von Atomen in dichten Plasmen wird entscheidend durch das umgebende Plasma beeinflußt. Ausgangspunkt unserer Untersuchungen ist daher die Bethe-Salpeter-Gleichung für die Zweiteilchen-Greenfunktion, die das Verhalten von Bindungs- und Streuzuständen in der Plasmaumgebung beschreibt. Wir leiten aus dieser auf äußere Felder verallgemeinerten Gleichung ein gekoppeltes System von Gleichungen für die Verteilungsfunktionen der Atome und der freien Teilchen sowie die Übergangsmatrixelemente her, das als Verallgemeinerung der bekannten Blochgleichungen der Atom- bzw. Halbleiterphysik betrachtet werden kann. Wir bestimmen die Lösungen dieser Gleichungen für starke Felder und diskutieren Phänomene wie Multiphotonenprozesse und höhere Harmonische.

P 21.21 Mo 16:30 Poster HU

Erzeugung stark gekoppelter Plasmen mit Hilfe von optischen Gittern — •THOMAS POHL, THOMAS PATTARD und JAN MICHAEL ROST — Max-Planck-Institut für Physik Komplexer Systeme, Nöthnitzer Str. 38, D-01187 Dresden

Durch Photoionisation lasergekühlter atomarer Gase konnten in den letzten Jahren ultrakalte Plasmen experimentell erzeugt werden [1]. Die dabei erreichten anfänglichen Dichten und Temperaturen lassen vermuten, dass sich auf diese Weise ein sehr stark gekoppeltes Plasma realisieren lässt. Im Zuge der Ausbildung von räumlichen Korrelationen heizt sich das Plasma jedoch so stark auf, dass es mit den derzeitigen Experimenten unmöglich erscheint den Bereich starker Kopplung zu erreichen. Wir diskutieren eine Möglichkeit zur Realisierung stark korrelierter neutraler Plasmen, die auf der Photoionisation kalter Atome aus einem optischen Gitter beruht [2,3]. Dabei werden die Einflüsse sowohl von quantenmechanischen Effekten als auch von auftretenden Gitterdefekten detailliert beleuchtet.

- [1] T.C. Killian et al., Phys. Rev. Lett. **83**, 4776 (1999)
- [2] T. Pohl, T. Pattard and J.M. Rost, J. Phys. B **37**, L183 (2004)
- [3] D.O. Gericke and M.S. Murillo, Contrib. Plasma Phys. **43**, 298 (2003)

P 21.22 Mo 16:30 Poster HU

Einfluß statischer Magnetfelder auf lasererzeugte expandierende Plasmen — •A. J. GREICHE¹, G. RODRÍGUEZ PRIETO², A. PELKA¹, G. SCHAUmann¹, M. ROTH¹ und A. BLAŽEVIĆ¹ — ¹Institut für Kernphysik, Technische Universität Darmstadt, 64289 Darmstadt — ²Gesellschaft für Schwerionenforschung, 64291 Darmstadt

Die Expansion von lasererzeugten Plasmen kann durch Magnetfelder beeinflusst werden. Dabei wird das expandierende Plasma durch statische Magnetfelder, die orthogonal bzw. parallel zur Targetoberfläche stehen, geführt. Orthogonale axiale Magnetfelder führen das Plasma auf kollidierte jetartige Strukturen, die somit lediglich quasi-eindimensional ex-

pandieren, was eine Beobachtung der deponierten Energien z. B. durch weitere Laserpulse enorm vereinfacht. Parallel zur Targetoberfläche stehende Magnetfelder bremsen die Expansion der Plasmen, wobei quadratische Strukturen entstehen. In beiden Fällen werden mit Hilfe von laserinterferometrischen Methoden die Elektronendichten orts- und zeitaufgelöst in den austretenden Plasmen ermittelt. Zusätzlich werden die Röntgen- und UV-Emissionen des Plasmas spektroskopisch untersucht.

P 21.23 Mo 16:30 Poster HU

Production of hohlraum targets for laser and ion experiments
— •THOMAS HESSLING, GABRIEL SCHAUMANN, MARKUS ROTH, and ABEL BLAŽEVIĆ — TU Darmstadt

Hohlraum targets are used in high energy laser experiments as X-ray converters. They allow the indirect and uniform heating of a secondary target for further experiments like energy loss measurements of ions in plasma. The advantage of hohlraum targets is their radiation field which approximately exhibits a Planckian shape. We present the manufacturing process of such hohlraum targets made of gold. They are created with different techniques like electroplating and photo lithography. Further we will give a short overview of the experiments that will be performed with the PHELIX laser at GSI.

P 21.24 Mo 16:30 Poster HU
Spektroskopische Untersuchung sehr dichter durch Laserschweissen erzeugter Metallplasmen — •P. LINDNER, R. STIRN und U. SCHUMACHER — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 31, D-70569 Stuttgart

Die Spektren von Plasmen, die beim Laserschweißen mit einem CO₂ Laser mit einer Aluminiumlegierung (AlSi1MgMn) entstehen, sind durch sehr ausgeprägte Selbstabsorption der Spektrallinien gekennzeichnet. Im ultravioletten Spektralbereich bei Wellenlängen um etwa 280 nm werden zum Beispiel Strukturen von Linien des neutralen Magnesiums beobachtet, die eine völlige Selbstabsorption im Linienzentrum und eine extreme Linienverbreiterung aufweisen, während die Linien des einfach ionisierten Magnesiums im Zentrum nur etwa auf die Hälfte abgesenkt sind und eine deutlich höhere Kuppenstrahldichte aufweisen. Aus der Fülle der spektralen Informationen, zu denen das Maß der Linienumkehr, die Kuppenstrahldichten, die Linienform und ihre Halbwertsbreite sowie das Intensitätsverhältnis der Linien unterschiedlicher Ionisierungsstufen und verschiedener Metallspezies gehören, werden auf der Basis von Modellierungen erste Rückschlüsse auf die Teilchendichten, die Temperaturen und das Maß ihrer Inhomogenitäten gezogen.

P 22 Hauptvortrag (R.D. Stambaugh)

Zeit: Dienstag 10:15–11:00

Raum: HU 3038

Hauptvortrag

P 22.1 Di 10:15 HU 3038

Fusion Physics Toward ITER — •R. D. STAMBAUGH — General Atomics, PO Box 85608, San Diego, CA 92186-9784, USA

Star power is fusion power, the energy released by fusing together light nuclei. Fusion on earth will be done in a 100 million degree plasma made of deuterium and tritium. The worldwide fusion research community is about to embark on construction of ITER, the first experiment that will burn a DT plasma by copious fusion reactions. ITER will create 500 MW of fusion with a nominal energy gain of 10, sufficiently high that the plasma is dominantly self-heated by the fusion-produced alpha par-

ticles. Its all superconducting magnet technology and steady-state heat removal technology will enable nominal 500 second pulses to allow the study of burning plasmas on the longest intrinsic timescale of the confined plasma - diffusive redistribution of the electrical currents in the plasma. The advances in magnetic confinement physics that have led to this opportunity will be described, as well as the research opportunities afforded by ITER. The physics of confining stable plasmas and heating them will lead to the high gain state in ITER. Sustained burn will come from the physics of controlling currents in plasmas and interfacing the hot plasma to its room temperature surroundings.

P 23 Poster: Magnetischer Einschluß 3, Staubige Plasmen 2, Astrophysikalische Plasmen 1

Zeit: Dienstag 16:30–18:30

Raum: Poster HU

P 23.1 Di 16:30 Poster HU

Blobs - Eruptive Transportvorgänge in der fernen Abschälschicht — •THOMAS WINDISCH, OLAF GRULKE und THOMAS KLINGER — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Wendelsteinstr. 1, 17489 Greifswald

Die Plasmodynamik in der fernen Abschälschicht (SOL) von Fusionsanlagen ist streng verbunden mit dem turbulenten Transport von Teilchen und Energie senkrecht zum Magnetfeld. Ein besonderes Phänomen der turbulenten Fluktuationen in dem SOL-Plasma sind raum-zeitliche Strukturen, sogenannte 'blobs', die eine hohe radiale Geschwindigkeit aufweisen. In einem vereinfachten Modell können die radialen Propagationseigenschaften durch die Krümmung des Magnetfeldes in toroidalen Anlagen erklärt werden. In aktuellen Experimenten wurden jedoch radial propagierende 'blobs' ebenfalls in Anlagen mit linearer Magnetfeldgeometrie beobachtet. Das Poster präsentiert Untersuchungen der raum-zeitlichen Fluktuationen im linear magnetisierten Helikon-Experiment VINETA. Die dominierende Instabilität sind Driftwellen mit Modenzahlen bis $m = 8$. Durch Destabilisierung einzelner kohärenter Moden wird ein turbulentes Plasmaregime erzeugt. Raumzeitliche Fluktuationen werden durch Sondenmessungen mit hoher räumlichen und zeitlichen Auflösung untersucht und turbulente Strukturen durch statistische Methoden extrahiert.

P 23.2 Di 16:30 Poster HU

A new tool for Alfvén eigenmode analysis in Stellarators — •STEFAN ZEGENHAGEN, ANDREAS WERNER, ARTHUR WELLER, and THOMAS KLINGER — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Wendelsteinstraße 1, 17491 Greifswald

Mirnov diagnostic has proven to be a useful technique to detect Alfvén eigenmodes in magnetically confined plasmas. The simple experimental setup and easy operation has made it a widely used tool in fusion research. But the interpretation of the data is usually quite complicated

due to relatively high noise levels, non-evenly spaced probes, and the common coexistence of more than one mode. Here, a new analysis tool is presented that is based upon the well known Lomb periodogram. It allows to perform a time, frequency and mode number resolved analysis of Mirnov data while including the data of all probes, which may be unevenly spaced and sampled. First results for W7-AS data are presented.

P 23.3 Di 16:30 Poster HU

Edge Biasing at the WEGA Stellarator — •OLIVER LISCHTSCHENKO, RALF KÖNIG, MATTHIAS OTTE, and FRIEDRICH WAGNER — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, 17491 Greifswald, EURATOM Assoziation

The WEGA stellarator being a classical stellarator uses ECR heating with a total maximum power of 26 kW at a frequency of 2.45 GHz. By applying an external voltage to a graphite limiter biasing experiments at the edge of the plasma have been performed. The main focus of observation was the poloidal rotational velocity of the plasma. Various diagnostic techniques, such as a laser- atom- absorption- spectroscopy, 2D MOSS spectrometry [1], ultra high resolution grating spectrometry as well as Langmuir probes, have been employed to observe the plasma. The observations have been carried out under varying conditions regarding heating power, as well as gas type and neutral gas pressure.

[1] J. Chung; Dissertation, Universität Greifswald, (2004)

P 23.4 Di 16:30 Poster HU

Laserinduzierte Fluoreszenz an Neutralatomen im Divertor-Plasma von ASDEX Upgrade — •TIMO KUBACH¹, PETER LINDNER¹, ARNE KALLENBACH², UWE SCHUMACHER¹ und DAS ASDEX UPGRADE TEAM² — ¹Institut für Plasmaforschung der Universität Stuttgart, Stuttgart — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, Garching

Laserinduzierte Fluoreszenz (LIF) bietet die Möglichkeit, auf spektroskopischem Wege Geschwindigkeitsverteilungen und Dichten von Neutrallchen, Molekülen und nicht vollständig geladenen Ionen mit hoher Ortsauflösung zu bestimmen. Das Hauptziel unserer Untersuchungen liegt darin, das physikalische Verständnis und die Modellierung des Divertor-Plasmas zu unterstützen. Aufgrund der räumlichen Enge im Divertor von ASDEX Upgrade basiert die LIF-Diagnostik auf Glasfasern, die sowohl die hochenergetischen Laserpulse in das Divertor-Plasma als auch die dort entstehenden Fluoreszenzphotonen übertragen. Dadurch sind Anregung und Beobachtung auf den sichtbaren Bereich beschränkt. Diese Methode wurde speziell für Deuterium und Helium bei Wellenlängen von 656.103 nm bzw. 667.815 nm entwickelt. Während der Experimentkampagne 2004 wurden nach der Optimierung der Einkopplung des Lasers in die Faser für Deuterium und Helium erste Signale detektiert, deren zeitliches Abklingverhalten jeweils den theoretischen Voraussagen innerhalb der zu erwartenden Genauigkeit entsprachen. Für die Kampagne 2005 steht ein erweitertes System zur Verfügung, dessen erste Ergebnisse gezeigt werden sollen.

P 23.5 Di 16:30 Poster HU

High Field Side Pellet Injection Database and Penetration Depth Scaling — •E. BELONOHY¹, S. KÁLVIN¹, O. KARDAUN², G. KOCSIS¹, K. LACKNER², P.T. LANG², and ASDEX UPGRADE TEAM² — ¹KFKI-RMKI, Euratom Association, P.O.Box 49, H-1525 Budapest-114, Hungary — ²MPI für Plasmaphysik, Euratom Association, D-85748 Garching, Boltzmann Str. 2., Germany

Injection of pellets produced from frozen hydrogen isotopes is currently one of the most elaborated fueling methods in modern tokamaks. The problem with conventional injections, i.e. ones from the outer side of the torus, is that a fast radial drift causes an outward motion of the ablated material leading to strong particle and energy losses. In the case of magnetic high field side (HFS) injection it has been demonstrated that a rapid inward drift acts favorably, avoiding strong losses and improving the fueling efficiency. This poster concerns the evaluation of the experimental results of HFS pellet injections at the international tokamak ASDEX Upgrade. A database is developed containing the decisive experimental parameters of the pellet-plasma interaction. Based upon this database a statistical analysis is being presented, establishing the most important scaling laws of pellet ablation.

P 23.6 Di 16:30 Poster HU

High frequency Leidenfrost pellet injector: development and first achievements — •P. CIERPKA¹, S. EGOROV², G. KOCSIS², P.T. LANG¹, and C. WITTMANN¹ — ¹MPI für Plasmaphysik, Euratom Association, D-85748 Garching, Boltzmann Str. 2., Germany — ²KFKI-RMKI, Euratom Association, P.O.Box 49, H-1525 Budapest-114, Hungary

In recent magnetic confinement plasma devices cryogenic hydrogen pellets are used not only for tailoring the core plasma profile but also for edge plasma control by frequent small and shallow penetrating pellets. For this ELM (Edge Localized Mode) frequency control cryogenic hydrogen pellets with injection frequency of about 100 Hz and velocity of 50-200 m/s are required as was shown in proof of principle measurement on ASDEX Upgrade tokamak. In this paper - as a possible solution - the development of Leidenfrost pellet injector is detailed and the results of the first test are presented. With this Leidenfrost injector hydrogen pellets - size of 2x2x2 mm³ - are accelerated in a propellant gas flow reaching a high repetition rate up to 140 Hz and velocity up to 250 m/s.

P 23.7 Di 16:30 Poster HU

Wellenfeldmessung im TJ-K — •A. KÖHN¹, F. GREINER¹, H. HARTFUSS², B. MAY¹, M. RAMISCH¹ und U. STROTH² — ¹Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität Kiel — ²Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart

Das Torsatron TJ-K wird mit Niedertemperaturplasmen betrieben, die mittels Elektronen-Zyklotronresonanzheizung (ECRH) erzeugt werden. Die ECRH wird dabei in der O-Mode-Konfiguration betrieben. Obwohl der Cut-Off bereits am Plasmarand eintritt, wird das Plasma effektiv geheizt, was durch zentral zugesetzte Dichteprofile belegt wird. Ein hohes Temperaturprofil deutet darauf hin, dass jedoch ein wesentlicher Teil der Leistung am Rand deponiert wird. Das Ziel ist es nun, mit direkt in das Plasma eingebrachten Antennen, die 2-dimensionale Struktur des ECR-Wellenfeldes zu vermessen, um zu untersuchen, wie groß der durch Konversion ins Plasmaintere eindringende Anteil der Leistung ist. Es wird

versucht, über Modifikation der Einkopplung ein spitzes Temperaturprofil zu erhalten.

P 23.8 Di 16:30 Poster HU

Anregung von Alfvén-Wellen in TJ-K — •K. RAHBARNIA¹, C. ELSNER¹ und U. STROTH² — ¹Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, — ²Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart

In Fusionsplasmen werden Alfvén-Moden durch schnelle Ionen angeregt und können zu erhöhten Verlusten dieser Ionen führen. Das Ziel dieser Arbeit ist die Anregung und Untersuchung von Alfvén-Moden im toroidalen Niedertemperaturplasma-Experiment TJ-K. Präsentiert werden theoretische Studien zu den erwarteten Anregungsspektren von Alfvén-Moden, die in den so genannten gaps (freie Bänder im Alfvén-Kontinuum) existieren können. Die Anregung der Moden, die im Bereich von 20 – 1000 kHz liegen, wird durch in das Plasma eingebrachte Anregerspulen erreicht, über die Wechselströme entlang einer Feldlinie gezogen werden, um dann mit B-Sonden im gesamten Plasmavolumen detektiert werden zu können. Dargestellt werden räumlich aufgelöste Spektren von Magnetfeldfluktuationen im Frequenzbereich, der von turbulenten Fluktuationen bis zu einigen MHz reicht. Ein Vergleich mit den theoretischen Anregungsspektren von Alfvén-Moden wird angestellt.

P 23.9 Di 16:30 Poster HU

Messung der Energietransfer-Funktion im Torsatron TJ-K — •P. MANZ¹, M. RAMISCH¹ und U. STROTH² — ¹Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität Kiel — ²Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart

In turbulenten Systemen findet ein Transfer von Energie zwischen den Skalen über nichtlineare Wechselwirkung statt. In 2-dimensionalen Flüssigkeiten, die Ähnlichkeiten zu magnetisch eingeschlossenen Plasmen aufweisen, wird Energie über eine duale Kaskade sowohl zu kleinen, als auch zu großen Skalen transportiert. Ziel der Untersuchung ist die Messung der Transfer-Funktion am Niedertemperaturplasma im Torsatron TJ-K. Dazu wird die Leistungstransfer-Funktion $T_{\vec{k}}(\vec{k}_1, \vec{k}_2)$ im \vec{k} -Raum gemessen. Sie vermittelt den Beitrag von quadratischen Kopplungen zwischen \vec{k}_1 und \vec{k}_2 zur zeitlichen Entwicklung der spektralen Leistung $P_{\vec{k}}$ bei $\vec{k} = \vec{k}_1 + \vec{k}_2$. Fluktuationen im Ionensättigungsstrom und im Floatingpotential werden mit Hilfe einer 8×8 -Matrix aus Langmuir-Sonden simultan an 64 Positionen im poloidalen Querschnitt erfasst. Daraus werden die zeitabhängigen Fourier-Transformierten der räumlichen Fluktuationen gewonnen, aus denen die Leistungs- und Energietransfer-Funktion bestimmt wird. Erste Ergebnisse werden vorgestellt.

P 23.10 Di 16:30 Poster HU

Messung der Elektronenenergieverteilungsfunktion bei ECRH-Plasmen am Torsatron TJ-K — •B. MAY¹, F. GREINER¹, A. KÖHN¹, M. RAMISCH¹ und U. STROTH² — ¹Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität Kiel — ²Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart

Das Plasma in TJ-K wird durch Elektronenzyklotronresonanzheizung (ECRH) bei 2.45 GHz erzeugt. Gemessen werden Dichten von typisch $5 \times 10^{17} \text{ m}^{-3}$, also weit oberhalb des Cut-offs. Zur Untersuchung des Heizmechanismus, insbesondere der Lokalisierung der Heizung, werden im gesamten poloidalen Querschnitt Kennlinien mit Langmuir-Sonden aufgenommen. Aus diesem wird über die Ableitung des Sondenstroms nach dem Sondenpotential die Elektronenenergieverteilungsfunktion (EEDF) bestimmt [1]. Abweichungen von der Maxwell-Verteilung durch das Auftreten von Nebenmaxima in der EEDF bei hohen Energien kann mit der Einkopplung der Mikrowelle assoziiert werden. Die Eigenschaft der EEDF wird in Abhängigkeit von Position und Entladungsparametern studiert. Erste Ergebnisse werden vorgestellt.

P 23.11 Di 16:30 Poster HU

Einfluß von Limitern auf die parallele Dynamik von eingeschlossenen Niedertemperaturplasmen — •T. HAPPEL¹, F. GREINER¹, N. MAHDIZADEH¹, M. RAMISCH¹ und U. STROTH² — ¹Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität Kiel — ²Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart

2D- und 3D-Untersuchungen der Turbulenz in TJ-K zeigen Eigenschaften, die auf Driftwellen hinweisen, d.h. Potential- und Dichtefluktuationen sind in Phase und die Größe der Strukturen skaliert mit ρ_s . Dies steht in Kontrast zu Messungen in der Randschicht von Fusionsexperimenten, wo die Austauschinstabilität die Dynamik dominiert. Ein interessanter Aspekt ist deshalb die Untersuchung des Einflusses von poloidalen Limiter auf die parallele Dynamik in TJ-K, durch die der Übergang von

offenen zu geschlossenen Feldlinien erreicht wird. Die verwendete Diagnostik besteht aus einem Limiter, in den 8×8 -Sonden eingebaut sind, und einer 8×8 -Sondenmatrix, die das Plasma nicht limitiert. In diesem Beitrag werden der Experimentaufbau sowie erste Ergebnisse vorgestellt.

P 23.12 Di 16:30 Poster HU

Investigations of dusty plasmas using THz Time-Domain spectroscopy — •SIMON EBBINGHAUS¹, KONSTANZE SCHRÖCK¹, ERIK BRÜNDERMANN¹, MARTINA HAVENITH¹, JANINE-CHRISTINA SCHAUER², MARC BÖKE², and JÖRG WINTER² — ¹Lehrstuhl für Physikalische Chemie II, Ruhr-Universität Bochum — ²Institut für Experimentalphysik II, Ruhr-Universität Bochum

For the first time we used THz Time-Domain spectroscopy as a tool for dusty plasma diagnosis in the THz-frequency region. The dust particles were produced in mixtures of Ar and C₂H₂ and CH₄, respectively. We used a capacitively coupled GEC-Cell powered by 20 Watt at 13.56 MHz. A 20 fs TiSa-laser was used as the pulse source producing ultra-short, broadband THz-pulses, that are transmitted through the plasma chamber and detected coherently through a second femtosecondpulse. Rotational lines of different hydrocarbons were observed including positive ions and radicals. For CCH several rotational transitions in the region from 3 to 40 cm⁻¹ were observed, which yield information on the condition of the plasma. The experiments are thought to implement a new technique for plasma diagnostics in future.

P 23.13 Di 16:30 Poster HU

Teilchenheizung und Phasenübergängen in staubigen Plasmen durch Lasermanipulation — •MATTHIAS WOLTER und ANDRÉ MELZER — Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald

In den zurückliegenden Jahren ist das Interesse an staubigen Plasmen enorm gewachsen. Schwerpunkte sind neben der Grundlagenforschung, die Astrophysik und technologische Anwendungen in der Industrie. Unter Laborbedingungen können 2D Staubkristalle erzeugt werden. In der Schwerelosigkeit bilden sich dagegen 3D Kristalle. Eine Methode zur Untersuchung von dynamischen Phänomenen in Plasmakristallen ist die gezielte Manipulation von Staubteilchen durch einen Laser. Unser Manipulationssystem besteht aus einem ND:YAG-Laser mit einer Leistung von max. 200 mW bei 532 nm, einem optischen Fokussierungssystem und einem Galvanometerscanner. Der Laserstrahl kann durch den Galvanometerscanner so gesteuert werden, dass einzelnen Teilchen oder der gesamten Kristall angeregt werden können. In ersten Experimenten haben wir die Heizung von Staubteilchen mittels Lasermanipulation untersucht. Nach der Ermittlung von statischen und dynamischen Parametern konnten wir in weiteren Versuchsreihen einen Phasenübergang im Plasmakristall durch Laserheizung erzeugen.

P 23.14 Di 16:30 Poster HU

Stereoskopische Untersuchungen an Staubkristallen im Plasma — •SEBASTIAN KÄDING und ANDRÉ MELZER — Institut für Physik, Universität Greifswald

In staubigen Plasmen ordnen sich die Staubteilchen unter dem Einfluß externer Kräfte wegen ihrer gegenseitigen Coulomb-Abstoßung in geordneten Strukturen an. Unter Laborbedingungen ist neben der Bildung einschichtiger (2D) Plasmakristalle seit kurzer Zeit auch die Erzeugung dreidimensionaler kugelförmiger Kristalle möglich. Während es für viele Untersuchungen einschichtiger Kristalle ausreichend ist, die Lage der Gitterpunkte im Raum durch zwei Koordinaten zu beschreiben, ist bei dreidimensionalen Kristallen die Bestimmung der dritten Koordinate erforderlich. Als eine Möglichkeit der 3D-Ortung wird die Stereoskopie mit Videokameras eingesetzt. Dadurch ist es möglich, Aussagen über die zeitliche Lageänderung des Kristalls zu treffen.

P 23.15 Di 16:30 Poster HU

Dependence of an influence of the perturbation particle on the melting of 2D dusty crystal — •YURIY IVANOV and ANDRÉ MELZER — Institut für Physik Universität Greifswald

In laboratory dusty plasmas dust particles are trapped in the sheath of a discharge where they arrange in crystalline systems. The phenomenon of melting of Coulomb dust crystals has aroused considerable attention in the last years. Melting occurs in multi-layer systems due to an instability of the interaction between the layers in the sheath. To better understand such melting processes, experiments in Coulomb clusters with a single second-layer particle are investigated. Various parameters in these exper-

iments like gas pressure, plasma power, cluster size and particle diameter have been changed in these experiments. Their influence on the melting is discussed. Advanced techniques for the analysis of the dynamics during the phase transition are applied which allow a detailed investigation of the particle interaction in the sheath.

P 23.16 Di 16:30 Poster HU

Three-dimensional Coulomb balls. Experiment and Theory — •O. ARP¹, D. BLOCK¹, M. BONITZ², H. FEHSKE³, V. GOLUBNYCHIY², P. LUDWIG², S. KOSSE^{2,3}, A. MELZER³, and A. PIEL¹ — ¹Institute for Experimental and Applied Physics, Christian Albrechts University Kiel, D-24098 Kiel — ²Institute for Theoretical Physics and Astrophysics, Christian Albrechts University Kiel, D-24098 Kiel — ³Institute of Physics, Ernst-Moritz-Arndt-University Greifswald, 17487 Greifswald

Recently, three-dimensional spherically symmetric mesoscopic Coulomb clusters have been successfully produced in experiments with dusty plasmas [1]. We present details of the observed “Coulomb balls” and compare the results with computer simulations. The latter have been performed in the frame of classical Molecular dynamics using a parabolic confinement potential. We report results for the ground state shell configuration and the total energy of the clusters. Of central interest is the dependence of the cluster properties on the dust-dust interaction. Using a statically screened Coulomb potential (Debye/Yukawa) the dependence of the shell configuration on the screening length is investigated and compared with the results for an unscreened Coulomb potential [2]. We show that the experimentally observed configuration can be accurately explained in the frame of Yukawa interaction by a suitable choice of the screening parameter.

[1] O. Arp, D. Block, A. Piel, and A. Melzer, Phys. Rev. Lett. **93**, 165004 (2004) [2] P. Ludwig, S. Kosse, and M. Bonitz, Phys. Rev. E (2005), [ArXiv:physics/0409095 and physics/0409100].

P 23.17 Di 16:30 Poster HU

Experimentelle Untersuchungen zur Struktur von Coulomb Balls — •OLIVER ARP¹, DIETMAR BLOCK¹, ALEXANDER PIEL¹ und ANDRÉ MELZER² — ¹IEAP, CAU-Kiel, Olshausenstr. 40-60, 24098 Kiel — ²EMAU Greifswald, Domstr 10a, 17489 Greifswald

Die Beobachtung von dreidimensionalen komplexen Plasmen ermöglicht die Untersuchung einer Vielzahl von interessanten Phänomenen in stark gekoppelten Systemen. Bei den hier untersuchten Coulomb Balls handelt es sich um hoch transparente, homogen gefüllte, sphärische Staubwolken von einigen Millimetern Durchmesser. Die Untersuchung dieser Wolken wird im Labor unter Gravitationsbedingungen in einer Hochfrequenzentladung durchgeführt. Mit Hilfe einfacher Methoden der Videomikroskopie lassen sich die einzelnen Partikel beobachten und somit die dreidimensionale Gestalt der kompletten Wolke rekonstruieren. Es werden Coulomb Balls mit verschiedenen Partikelzahlen vorgestellt, deren struktureller Aufbau im Volumen und an der Oberfläche untersucht wird. Die experimentellen Befunde werden mit molekular dynamischen Simulationen verglichen.

P 23.18 Di 16:30 Poster HU

Magnetisierte Staubige Plasmen unter Schwerkraftbedingungen — •THOMAS TROTTERBERG, DIETMAR BLOCK und ALEXANDER PIEL — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität Kiel, 24098 Kiel

In komplexen (staubigen) Laborplasmen bewirkt die Gravitation gewöhnlich eine starke Sedimentierung der Partikel. Geladene Mikrometer-Teilchen können zwar in der Plasmarandschicht über einer Wand oder Elektrode gefangen werden, indem das starke elektrische Feld der Schicht die Gravitation kompensiert, jedoch beschränkt sich dies nur auf eine sehr dünne Schicht von wenigen mm. Eine Möglichkeit, dreidimensionale Staubwolken in einem Plasma einzufangen, bieten ‘Fireballs’. Das elektrische Feld in dem Fireball und der ihn umgebenden Doppelschicht kann Staubpartikel einfangen (Barkan, Merlino, D’Angelo, 1995). Unerklärt blieb bisher, was die negativ geladenen Partikel davon abhält, auf die positiv vorgespannte Fireball-Elektrode zu fallen. Durch ein senkrecht zur Anode orientiertes magnetisches Feld wird der Fireball zu einem Firerod gestreckt, womit auch die Partikelfalle eine langgestreckte Form annimmt, was insbesondere für die Untersuchung von Wellenphänomenen wünschenswert ist. In diesem Beitrag werden ein Experiment zum Partikeleinfang in Firerods und unser Verständnis des Mechanismus dieser Partikelfalle vorgestellt.

P 23.19 Di 16:30 Poster HU

Sekundäre Void-Strukturen um ein floatendes Objekt im Komplexen Plasma unter Schwerelosigkeit — •MARKUS KLINDWORTH, OLIVER ARP, TANJA FROMM, MATTIAS KROLL, IRIS PILCH und ALEXANDER PIEL — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität Kiel, 24098 Kiel

Mit Mikropartikeln versetzte Plasmen, sogenannte Komplexe (“staubige”) Plasmen, bilden, ohne Behinderung durch die im Labor erfahrene Gravitationskraft auf die Partikel, Staubverteilungen mit einem partikelfreien Zentrum (“void”). Einen Ansatz zum Verständnis dieses Prozesses stellt die Untersuchung sekundärer staubfreier Bereiche um elektrisch floatende Objekte, z.B. einer Sonde, im Plasma dar. Es wurde gezeigt, daß dieses Phänomen auf demselben Gleichgewicht von elektrischer Feldkraft und Ionenwindkraft auf die Partikel basiert wie das Void, jedoch mit invertierten Kraftrichtungen. Durch das spezielle Verhalten der Ionenwindkraft mit zunehmender Ionengeschwindigkeit stellt sich dieses Gleichgewicht nahe der Schichtkante um das Objekt ein und macht damit die Ausdehnung der Raumladungsschicht auch um unregelmäßig geformte Gegenstände sichtbar. Neuste Experimente auf Parabelflügeln erlauben die dreidimensionale Vermessung der Staubverteilung um eine Langmuir-Sonde bei verschiedenen Staubdichten. In dem Einfangpotentialtopf für den Staub um die Sonde können Partikel außerdem in das eigentlich staubfreie Void geleitet werden, von wo aus sie heraus beschleunigt werden. Ihre Kinetik ist damit eine interessante Diagnostik für die Void-formenden Kräfte.

P 23.20 Di 16:30 Poster HU

Experimental studies of complex plasma fluids — •MARTIN A. FINK and GREGOR E. MORFILL — Max Planck Institute for extraterrestrial Physics, Giessenbachstraße, D-85741 Garching

Complex plasmas are ideal systems to study fluid phenomena at the kinetic level. This is because one of its components (complex plasmas consist of ions, electrons, charged microparticles and neutral gas) can be visualized individually and the particle motion can be tracked. In the PK-4 experimental setup we are able to produce linear flows of microparticles. The velocity of such a flow can be varied up to values that are higher than the sound speed. The transition from laminar to turbulent flow while passing a small obstacle is investigated. Moreover the difference between single particle movement and collective behaviour in flows through a Laval nozzle is studied.

P 23.21 Di 16:30 Poster HU

Tree-dimensional plasma clusters — •TETYANA ANTONOVA, B.M. ANNARATONE, H.M. THOMAS, and G.E. MORFILL — Max Planck Institute for extraterrestrial Physics, Giessenbachstrasse, D-85741, Garching

This work presents the analysis of small three-dimensional plasma clusters formed by melamine-formaldehyde particles of $3.4\mu\text{m}$ size in the RF plasma sheath. Due to a fine balancing of DC and RF voltage on a small pixel of the segmented “adaptive” electrode the particles build structured 3D shapes in a gravity compensated environment. The diameters of the clusters are different (from 0.35mm up to 0.8mm) and depend on the particle number, from 4 up to 73, that can be externally controlled. With a 3D experimental diagnostic and programming analysis the time sequence of the three coordinates of the particles have been calculated. That allows us to determine exactly the cluster structure. Some defects are observed, when the particles number is not “magic”(to build close shells) and the experimental conditions are at the edge of melting. In spite of that in all clusters the pieces of icosahedral geometry can be easily seen. In many cases there is motion between preferential positions and vibration of particles in the structures, which can be explained by the smooth shape of potential confinement and formation of the most energetically preferable states of system (to fill vacancies or to push interstitial defects outside). As we do not see any external confinement in the position of the clusters, neither electrostatic nor from ion drag, the structure is probably kept together by particle-particle, or collective, attractive forces.

P 23.22 Di 16:30 Poster HU

Über eine HF-Entladung mit adaptiver Elektrode zur Pulverbehrhandlung — •GABRIELE THIEME¹, MARIA TATANOVA¹, DIANA BOJIC¹, RALF BASNER¹, RAINER HIPPLER² und HOLGER KERSTEN¹ — ¹INP Greifswald, F.-L.-Jahn-Str. 19, D-17489 Greifswald — ²Institut für Physik, E.-M.-Arndt-Universität, Domstr. 10a, D-17489 Greifswald

Es wurde eine asymmetrische kapazitiv gekoppelte HF-Entladung (13,56 MHz) zur Pulverbehrhandlung untersucht, die als Gegenelektrode zur HF-gespeisten eine sogenannte adaptive Elektrode enthält. Die adaptive Elektrode besteht aus einer Anordnung von 106 Segmenten, die jeweils mit einer individuellen Vorspannung versehen werden können, um eine gezielte Manipulation der Plasmaraumschicht zu bewirken. Die HF-Entladung und der Einfluß vorgespannter Segmente auf die Entladung wurden mittels Langmuirsonden und energiedispersiver Massenspektrometrie untersucht. Die Plasmaparameter wie Elektronendichte, Plasmapotential und Ionenenergie wurden bestimmt und die gemessenen Elektronenenergieverteilungsfunktionen mit Modellrechnungen verglichen. Insbesondere mit einer HF-Spannung belegte Segmente zeigen einen deutlichen Einfluß auf die Entladung. Über ihnen treten charakteristische Leuchterscheinungen und Veränderungen der Plasmaparameter auf.

P 23.23 Di 16:30 Poster HU

Abscheidung von siliziumhaltigen Schichten auf Mikroteilchen in dielektrisch behinderten Plasmen unter Atmosphärendruck — •MARCEL HÄHNEL, VOLKER BRÜSER und HOLGER KERSTEN — Friedrich-Ludwig-Jahn Straße 19, 17489 Greifswald

Die vorliegende Studie befaßt sich mit der Abscheidung von homogenen und geschlossenen SiO₂ Schichten auf Mikroteilchen. Diese Schichten wurden aus Hexamethyldisiloxan (HMDSO) und Tetraethylorthosilicat (TEOS) unter Bemischung verschiedener Gaszusammensetzungen deponiert. Die Untersuchungen zur Abscheidung solcher SiO₂-haltigen Schichten erfolgte zum Beispiel auf Polymeren, Metallen und keramischen Materialien in Form von sphärischen und unförmigen Partikel, in der Größenordnung von 10 bis 250 Mikrometer. Für die Beschichtung wurden verschiedene dielektrisch behinderte Atmosphärendruckplasmen verwendet. Hierdurch war die Möglichkeit gegeben Untersuchungen in Abhängigkeit von der Entladungsform, wie zum Beispiel Volumen- und Oberflächenentladung, zum machen. Die Bewertung der Schichten erfolgte durch Oberflächenanalytik (FTIR, Rem), sowie makroskopischer Tests zur Bestimmung der physikalisch-chemischen Eigenschaften.

P 23.24 Di 16:30 Poster HU

Ion heating during magnetic reconnection as measured with laser induced fluorescence — •ALBRECHT STARK¹, JAN EGEDAL², WILL FOX², OLAF GRULKE¹, and THOMAS KLINGER¹ — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Teilinstitut Greifswald, EURATOM Assoziation — ²Massachusetts Institute of Technology, Plasma Science and Fusion Center

Observations in space and laboratory plasmas suggest magnetic reconnection as a mechanism for ion heating and formation of non Maxwellian ion velocity distribution functions (IVDF). The breaking and reconnecting of field lines permits the release of magnetic energy to ion kinetic energy. However, the underlying mechanisms remain unclear. Periodically driven reconnection is investigated in the Versatile Toroidal Facility (VTF) at the MIT Plasma Science and Fusion Center. Poloidal and toroidal magnetic field coils form a poloidal cusp-field with an toroidal guiding field. Reconnection is driven via a third toroidal solenoid. In this paper laser-induced fluorescence measurements of the IVDF parallel to the X-line during magnetic reconnection are presented. A time resolved analysis yields the evolution of the IVDF within a reconnection cycle. It is demonstrated, that the ion temperature strongly increases during a reconnection cycle. Furthermore, a large non-thermal (beam) ion population occurs at the maximum reconnection rate, supposedly due to an inflow of plasma from outer regions of the cusp field. It is suggested, that beam-plasma instability significantly contributes to the observed ion heating.

P 24 Plasma-Wand Wechselwirkung 3

Zeit: Mittwoch 11:00–12:30

P 24.1 Mi 11:00 HU 3038

Preparing ITER - Is the heat load compatible with first wall materials? — •A. HERRMANN, J. NEUHAUSER, G. PAUTASSO, and ASDEX UPGRADE TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Garching

The next step fusion experiment ITER is aimed to demonstrate applicability of nuclear fusion for energy production. During the past years operation scenarios with performance factors exceeding the extrapolated design parameters for ITER are developed at divertor experiments, e.g. at ASDEX Upgrade and JET. This high confinement operation requires a strong transport barrier at the plasma edge with steep pressure gradients, which in turn cause MHD instabilities releasing up to 10 percent of the plasma energy on a time scale of a few hundred of microseconds. A comparable heat load appears during abnormal plasma terminations. These burst like energy release on such short time scales is no limitation for the operation in present machines, but might be intolerable in the next step experiment due to the decreasing ratio of available area for heat removal to plasma stored energy with increasing size of the experiment. Compatibility of first wall materials and plasma performance becomes a significant criterion for the development of operation scenarios. Investigation of heat load to first wall components during short time events is a main topic of the research program in ASDEX Upgrade. The paper summarizes the results of first wall heat load investigations and discusses the consequences for ITER.

P 24.2 Mi 11:15 HU 3038

Einfluss der Verschiebung der Plasmaseparatrix auf das Erosions- und Depositionsverhalten im Divertor von ITER — •S. DROSTE, A. KIRSCHNER, V. PHILIPPS und U. SAMM — Institut für Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich, 52425 Jülich

Die Lebensdauer der Wandkomponenten in ITER wird durch Erosions- und Depositionsprozesse bestimmt. Es wurde untersucht, welche Auswirkungen das Verschieben der Separatrix entlang der Divertor-Targetplatten ("Sweeping") auf deren Erosions- und Depositionsverhalten hat. Dazu wurde der Transport von Kohlenstoff im äußeren Divertor von ITER durch Simulationen mit dem Monte Carlo Programm ERO studiert. Insbesondere wurden alle deponierten Kohlenstoffspezies zu ihren Ursprungsorten korreliert, d. h. es wurde zu jedem Ort die Depositionsverteilung eines von diesem Orte erodierten Teilchens bestimmt. Genauso wurden die Ursprungsorte derjenigen Teilchen ermittelt, die dem lokalen Teilchenrecycling entkommen und daher in entfernte Divertor-Regionen (Private Flux Region, PFR) verloren gehen und somit nicht auf den Divertorplatten redeponiert werden. Es wurde festgestellt, dass 70 - 80 % der in die PFR verlorenen Teilchen aus einem sehr begrenzten Bereich nahe der Separatrix stammen. Jedoch wird der Großteil der in der Umgebung der Separatrix erodierten Teilchen sehr lokal redeponiert. Es zeigte sich, dass ein Verschieben der Separatrix in Verbindung mit den oben beschriebenen Prozessen die Target-Lebensdauer zusätzlich verlängert (~ Faktor 1.5).

P 24.3 Mi 11:30 HU 3038

Operation with a Tungsten First Wall - Studies at ASDEX Upgrade — •T. PÜTTERICH¹, R. NEU¹, R. DUX¹, A. KALLENBACH¹, C.F. MAGGI¹, J.C. FUCHS¹, O. GRUBER¹, A. HERRMANN¹, P. LANG¹, H. MEISTER¹, M. O'MULLANE², I. RADIVOJEVIC¹, V. ROHDE¹, A. WHITEFORD², and ASDEX UPGRADE TEAM¹ — ¹MPI für Plasmaphysik, EURATOM-Association, Garching, GERMANY — ²Department of Physics, University of Strathclyde, Glasgow, UK

Carbon as a plasma facing component (PFC) will not be an option for a fusion reactor, as it would exhibit unacceptable strong erosion. Additionally, the codeposition of tritium in a-CH layers is an unresolved safety issue. Both led to the reconsideration of high-Z materials as PFCs. To investigate the feasibility of high-Z PFCs in a fusion device, an increasing area of the first wall in ASDEX Upgrade was coated with W since 1999, reaching 65 % (24.8 m^2) in the 2003/04 campaign. Concomitantly, the W-diagnostic was improved by new atomic data, calculated with the Cowan-code. Whereas the W-concentration, which stayed below critical levels, has increased moderately with increasing W-surfaces, the C-concentration has hardly been affected and is still 1–2 %. Investigations on different source locations of tungsten will be presented that give insight in erosion mechanisms and the importance of impurity sources.

Raum: HU 3038

Central wave heating has been shown to be efficient for avoiding impurity accumulation, also for improved H-modes, i.e. special high performance discharges. Finally, an integrated, ITER-relevant scenario is introduced, which combines recipes for operation with W-PFCs, including edge cooling by argon puffing and ELM-pacemaking for impurity control.

P 24.4 Mi 11:45 HU 3038

Neutral-neutral collisions and molecular dynamics effects on the ITER divertor plasma — •VLADISLAV KOTOV¹, D. REITER¹, A.S. KUKUSHKIN², B. KÜPPERS¹, and P. BÖRNER¹ — ¹Institut für Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, EURATOM-Association, Trilateral Euregio Cluster, D-52425, Jülich, Germany — ²ITER International Team, Boltzmannstr. 2, D-85748, Garching, Germany

The SOLPS 4.0 code (based upon the plasma fluid equations solver B2 and the Monte-Carlo code EIRENE for neutral dynamics) is the main tool for numerical simulation of the ITER edge and divertor plasma. The recent version of the code is now able to model the effects of neutral-neutral collisions (in BGK approximation) and has an updated molecular dynamics model which includes molecular-ion elastic collisions and "Molecular Assisted Recombination" (MAR). The 2D computational domain for the plasma flow is supplemented by a triangular grid to cover the whole volume up to the vacuum vessel wall for calculation of neutral particle effects. A series of calculations for typical ITER model parameters with full carbon walls showed that the main effect of the new processes is the heating of molecules, thus, higher neutral pressure in the Private Flux Region (PFR). The pumping speed is increased because of the higher molecular fraction in the total pressure as a result of atom cooling. The main operational parameters of the divertor remain approximately the same, but the operational window shifts towards higher PFR gas pressure.

P 24.5 Mi 12:00 HU 3038

Einfluss des Dynamisch Ergodischen Divertors auf die räumliche Struktur der Plasmarandschicht von TEXTOR — •OLIVER SCHMITZ, S. ABDULLAEV, S. BREZINSEK, C. BUSCH, D. HARTING, M. LEHNEN, M. JAKUBOWSKI, D. REITER, U. SAMM, B. SCHWEER, G. SERGIENKO und B. UNTERBERG — Institut für Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, 52428 Jülich

Seit einem Jahr ist der Dynamisch Ergodische Divertor (DED) an TEXTOR in Betrieb. Durch sein externes Störfeld bilden sich Inselketten im Bereich resonanter magnetischer Flussflächen. Wenn diese überlappen bilden sich ergodische und laminare Bereiche. Diese heterogene Randschichtstruktur stellt im laminaren Bereich einen helikalen Divertor dar. Mit der Messung der Elektronendichte n_e und -temperatur T_e mit thermischen Atomstrahlen (BES) in der Randschicht, sowie spektroskopisch gefilterten Kamerabeobachtungen der DED Schutzkacheln, konnte diese Struktur nachgewiesen werden: Mit steigendem DED Strom ist eine Abnahme der Dichte auf der Niederfeldseite korreliert mit einem Aufspalten der Auftreffpunkte auf den DED-Kacheln zu beobachten, hervorgerufen durch die Ausprägung von Flussbündeln zum DED Target. Durch poloidale Verschiebung dieser Struktur zeigte sich eine Dichtereduktion innerhalb dieses Flussbündels und eine Erhöhung der Dichte außerhalb. In diesem Beitrag wird diese Divertorstruktur beschrieben und auf erste Untersuchungen zu den Divertoreigenschaften eingegangen. Die experimentellen Ergebnisse werden mit Berechnungen der Magnetfeldtopologie sowie Modellierungen der Plasmaparameter verglichen.

P 24.6 Mi 12:15 HU 3038

Einfluß des DED auf den Ionentransport und Rotation in TEXTOR — •C. BUSCH¹, K.-H. FINKEN¹, S. JACHMICH², M. JAKUBOWSKI¹, A. KRÄMER-FLECKEN¹, M. LEHNEN¹, U. SAMM¹, O. SCHMITZ¹ und B. UNTERBERG¹ — ¹Institut für Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, Assoziation EURATOM-FZ Jülich, Trilaterales Euregio Cluster, D-52525 Jülich — ²Laboratoire de Physique des Plasmas / Laboratorium voor Plasmafysica, ERM / KMS, EURATOM Assoziation, B-1000 Brüssel, Belgien

Am Tokamak TEXTOR kann durch den Dynamischen Ergodischen Divertor (DED) der Plasmarand gezielt ergodisiert werden. Der Einfluß des Störfeldes auf die poloidale Rotation und den Ionentransport wird in diesem Beitrag durch Ladungsaustausch-Spektroskopie an Kohlenstoff-Verunreinigungen am Beobachtungssystem des Wasserstoff-

diagnostikstrahls untersucht. In der DED 3/1 Konfiguration mit einer großen Eindringtiefe des Störfeldes wurde anhand passiver CIII Spektren eine Umkehr der Rotation am Plasmarand mit zunehmender Ergodisierung festgestellt. Mit anwachsendem Störfeld entstehen nacheinander eine 2/1 und eine 3/1 Tearing Mode, was sich zusätzlich auf die Ergodisierung auswirkt. Eine für das Verhalten der Rotation in Frage

komende Umkehr des radialen elektrischen Feldes konnte durch Sondenmessungen bestätigt werden. In der DED 12/4 Konfiguration mit weit geringerer Reichweite der Störung wurde durch aktive Messungen eine Verschiebung des Umkehrpunktes der Rotationsprofile von der letzten geschlossenen Flussfläche aus zum inneren Rand der ergodisierten Zone hin festgestellt.

P 25 Dichte Plasmen 2

Zeit: Mittwoch 11:00–12:15

Raum: HU 3059

Fachvortrag

P 25.1 Mi 11:00 HU 3059

Dielectric and Optical Properties in Dense Plasmas — •HEIDI REINHOLZ — Institut für Physik, Universität Rostock, 18051 Rostock

For diagnostics of plasmas, reflection, absorption and emmission as well as inverse bremsstrahlung and stopping power are used to get information about plasma parameters and scattering processes. In dense plasma, many-particle effects which are manifested as correlations and in-medium effects are relevant. A systematic approach for the theoretical description of dielectric and optical properties of dense plasmas is given within linear response theory [H. Reinholtz et al., Phys. Rev. E 62 (2000) 5648]. The optical properties can be calculated via a generalized Drude formula with a dynamical collision frequency, which contains many-particle effects. Molecular dynamics simulations are used to check the validity of our results. Good agreement is found [H. Reinholtz et al., Phys. Rev. E 69 (2004) 066412; A. Selchow et al., Phys. Rev. E 64 (2001) 056410] up to plasma parameters of about 2. The reflectivity on shock-compressed plasma is calculated and compared with experimental results [H. Reinholtz et al., Phys. Rev. E 68 (2003) 036403]. Results for the structure factor are relevant for the diagnostics of dense plasmas as done with Thomson scattering [A. Hoell et al., Eur. J. Phys. D 29 (2004) 159]. As a further application, results for the inverse bremsstrahlung are shown. Beside the treatment of a fully ionized plasma, the formation of bound states is influencing the properties. In order to take them into account, contributions in the dielectric function are relevant. Broadening of bound states [G. Roepke et al., J. Phys. A 36 (2003) 5931] and additional scattering mechanisms are taken into account.

P 25.2 Mi 11:30 HU 3059

Equation of state for dense noble gases and hydrogen — •VOLKER SCHWARZ, HAUKE JURANEK, NADINE NETTELmann, and RONALD REDMER — Institut für Physik, Universität Rostock, 18051 Rostock

The knowledge of the equation of state of hydrogen and hydrogen-helium mixtures is important for modeling, e.g., planetary interiors. For this, accurate equation of state data is required for high pressures up to several megabars and temperatures of several thousand Kelvin known as warm dense matter. We calculate the equation of state for hydrogen and noble gases (He, Ar, Xe) within Fluid Variational Theory considering dissociation processes self-consistently and ionization in addition. Effective pair potentials are used to describe the interactions between the species. We present results for the equation of state for the materials mentioned above and compare with available simulations and shock-wave experiments. Especially, the Hugoniot curves are discussed. The results

for hydrogen-helium mixtures are used to model interiors of giant planets such as Jupiter.

P 25.3 Mi 11:45 HU 3059

Microfields distribution in a dense high temperature plasma — •SALTANAT SADYKOVA¹, GERD FUSSMANN², and WERNER EBELING² — ¹Department of Physics, Kazakh National University, Tole bi 96, Almaty 480012, Kazakhstan — ²Institut für Physik der Humboldt-Universität zu Berlin, Newtonstraße 15, 12489 Berlin

For calculations of microfield distribution function P(E) in a nonideal hydrogen one and two-component plasma the method proposed by C.A. Iglesias was used basing on a pair correlation radial distribution function. Numerical calculations of P(E) were made for different plasma parameters. P(E) were determined in a frame of two pseudopotential models which take into account both, the quantum-mechanical effect and screening field effects. One is basing on the Deutscht potential the other one on the Kelbg potential. The results obtained by applying the two models for a one and two-component plasmas are compared with those given by Holtsmark, Hooper, Iglesias and other authors.

P 25.4 Mi 12:00 HU 3059

Thomson scattering using the VUV-FEL at DESY Hamburg — •ROBERT THIELE¹, ECKHART FÖRSTER², RONALD REDMER¹, HEIDI REINHOLZ¹, GERD RÖPKE¹, and THOMAS TSCHENTSCHER³ — ¹Universität Rostock — ²Friedrich-Schiller-Universität Jena — ³DESY Hamburg

The scattering of photons in plasmas is an important diagnostic tool. The region of solid-density plasmas can be probed by x-ray Thomson scattering. The scattering cross section is related to the dynamic structure factor $S(k, \omega)$. We improve the standard treatment of the scattering on free electrons within the random phase approximation (RPA) by including collisions [1]. $S(k, \omega)$ is calculated via the dielectric function at finite wavenumbers which can be obtained by using a generalized Mermim ansatz [2]. The dynamic collision frequency is treated in Born and Lenard-Balescu approximation [3]. We show that theoretical description beyond the RPA is crucial to obtain reliable results for the plasma parameters. Experimental investigation at experimental parameters where a treatment beyond RPA is required are under preparation for the VUV-FEL at DESY, Hamburg.

- [1] A. Höll, R. Redmer, G. Röpke and H. Reinholtz, Eur. Phys. J. D **29**, 159-162 (2004)
- [2] A. Selchow *et al.*, Phys. Rev. E **64**, 056410 (2001)
- [3] H. Reinholtz, R. Redmer, G. Röpke, A. Wierling, Phys. Rev. E **62**, 5648 (2000)