

## P 7: Poster

Zeit: Montag 16:30–18:30

Raum: Poster A

P 7.1 Mo 16:30 Poster A

**Temporal and spatial distributions of radicals in pulsed fluorocarbon discharges - a DoE study** — JAKOB BARZ<sup>1,2</sup>, MICHAEL HAUPT<sup>1</sup>, CHRISTIAN OEHR<sup>1</sup>, and ACHIM LUNK<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Fraunhofer IGB, Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart — <sup>2</sup>Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 31, 70569 Stuttgart

A Design of Experiments (DoE) study was carried out, comparing spatial radical densities in several pulsed fluorocarbon discharges depending on time.

Laser-induced fluorescence (LIF) was applied to study reaction mechanisms in the plasma in dependence on gas flow, pressure and electric power as well as on pulse parameters. The species investigated were CF (lifetime 25 ns) and CF<sub>2</sub> (lifetime 55 ns). Experiments were performed mainly in CHF<sub>3</sub>-plasmas, diluted with argon.

It turned out that the CF density is strongly influenced by the mean power applied and increases by half an order of magnitude by increasing the power from 20 to 80 W at pressures between 0.3 and 0.8 mbar. In contrast to this result, CF<sub>2</sub> densities are hardly influenced by the power variation. On the other hand, CF densities are hardly influenced by variation of the pressure, contrary to the influence on CF<sub>2</sub> densities.

Beside the spatial distribution of particle densities, the time-resolved development of the observed species after plasma ignition and at several stages of the pulse period will be also shown in detail.

P 7.2 Mo 16:30 Poster A

**Spektroskopische Diagnostik eines gepulsten Bogens zur Partikelsynthese** — KURT BEHRINGER und TILL HÖSCHEN — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, 85748 Garching

Die Elektronendichten und -temperaturen eines gepulsten koaxialen Plasmabrenners werden end-on mit spektroskopischen Methoden bestimmt. Eine Kondensatorentladung (60µF, 2 bis 5kV) führt zu gedämpften Schwingungen des Plasmastroms mit ca. 10kA Maximalamplitude und 120µs Periodendauer. Zur Aerosolbildung kann vor der Entladung ein Prozessgas eingeleitet werden; die hier beschriebene Diagnostik verwendet jedoch nur Argon und Wasserstoff. Außerdem enthält das Plasma Kupfer und Zink der Messingelektroden. Das Spektrometer ( $\Delta\lambda = 0.04\text{nm}$ ) erlaubt eine Aufnahme pro Entladung mit 10µs Integrationszeit. Die untersuchten Spektren liegen bei 422nm und 487nm  $\pm 7\text{nm}$ . Aus der Verbreiterung von H-, ArI- und ZnII-Linien wird  $n_e$  bestimmt. Die Ergebnisse folgen in etwa dem Strom mit Maximalwerten von ca.  $1.5 \cdot 10^{23} \text{m}^{-3}$ . Die Temperaturen erhält man aus dem Intensitätsverhältnis der Linien ArI/ArII und ZnI/ZnII. Für die Atome gilt PLTE, für die Ionen wird mit einem Stoß-Strahlungsmodell gezeigt, dass LTE gut erfüllt ist, speziell unter Berücksichtigung der Opazität im VUV. Beide Kriterien ergeben übereinstimmend Maximaltemperaturen von ca. 22000 K, die über 300 µs hinweg kaum abnehmen. Um die Nulldurchgänge herum kühlt das Plasma auf ca. 14000 K ab. Die Entladungen sind über den Brennerquerschnitt nicht homogen und auch nicht sehr gut reproduzierbar. Als zusätzliches Ergebnis werden die Starkbreiten einiger ZnI-Linien gewonnen.

P 7.3 Mo 16:30 Poster A

**Doppelplasmaexperiment zur Untersuchung von elektronegativen Plasmen** — SEBASTIAN ENGE, ALF KÖHN, WALTER KASPAREK, BERNHARD ROTH und ULRICH STROTH — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart.

Ein Doppelplasma ist ein thermionisches Plasma, das ein magnetisches Multipolfeld nutzt, um das Plasma von der Wand zu isolieren. Das Plasmagefäß wird durch ein Gitter in zwei Bereiche getrennt. In dem einen wird durch eine thermionische Entladung das Plasma erzeugt, von dort strömt das Plasma in den anderen Teil, wo es sich sehr gut zur Untersuchung von ionenakustischen Wellen, Solitonen oder der Plasmarandschicht eignet. In letzter Zeit traten elektronegative Plasmen in das Interesse der Forschung. Insbesondere der Einfluss negativer Ionen auf Dispersionsrelationen und die Plasma-Randschicht sollen untersucht werden.

Zur Messung der Ionendynamik wird unter anderem eine laserinduzierte Fluoreszenz (LIF) Diagnostik aufgebaut. Sie ermöglicht die Messung der Ionen-Geschwindigkeitsverteilungsfunktion und somit der Ionen-Temperaturen und mittleren Ionengeschwindigkeiten. Daraus kann dann z.B. das Plasmapotential in der Plasma-Randschicht ermittelt werden. Der Beitrag stellt das Experiment, die Diagnostik und

die Themenstellung vor.

P 7.4 Mo 16:30 Poster A

**Massenspektrometermessungen in magnetisierten Plasmen** — OLE WALDMANN<sup>1</sup>, Gerd Fussmann<sup>2</sup> und Igor Vizgalov<sup>3</sup> — <sup>1</sup>Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, TI Greifswald — <sup>2</sup>Institut für Physik der Humboldt Universität zu Berlin — <sup>3</sup>Moscow Engineering Physics Institute, State University, Russische Föderation

Die direkte Messung der Dichte und Ladungszustände von Ionen stellt eine wichtige Plasmadiagnostik dar.

Wir stellen ein neuartiges Massenspektrometer (MSMP-02) zur direkten Messung der Konzentration und der Ladungszustände von Ionen in einem magnetisierten Plasma vor, welches in Kooperation mit dem MEPHI (Moscow Engineering Physics Institute) und der Firma BESTEC GmbH, Berlin-Adlershof, entwickelt wurde. Die Experimente wurden am Plasmagenerator PSI-2 durchgeführt.

Für die Separation der Ionen wird das intrinsische Magnetfeld ( $B \approx 0.01 \dots 0.1 \text{ T}$ ) der Anlage in Kombination mit einem variablen, externen E-Feld benutzt. Im Parameterbereich ( $n_e = 10^{16} \dots 10^{19} \text{ m}^{-3}$ ,  $T_e = 1 \dots 15 \text{ eV}$ ,  $T_i = 0.5 \dots 0.7 T_e$ ) des PSI-2 kann das MSMP sowohl am Plasmarand als auch im Plasma eingesetzt werden.

Die präsentierten Ergebnisse umfassen ein- und zweifach ionisierte Ionen von Wasserstoff bis Argon. Gezeigt werden sowohl verschiedene Ladungszustände einer Ionensorte als auch die Diagnose von Verunreinigungen im Plasma.

P 7.5 Mo 16:30 Poster A

**Zeitaufgelöste Emissionsspektroskopie an einem Mikroplasma-Jet in unterschiedlichen Edelgasen** — LUCAS SCHAPER, NIKOLAS KNAKE, VOLKER SCHULZ-VON DER GATHEN und JÖRG WINTER — Ruhr-Universität Bochum, Institut f. Experimentalphysik II, 44780 Bochum

Phasenaufgelöste Emissionsspektroskopie (PROES) erlaubt die Untersuchung dynamischer elektronischer Anregungsvorgänge im Inneren von Mikroplasmen. Hier stellen wir Untersuchungen an einem  $\mu$ -Atmosphärendruck-Plasmajet ( $\mu$ -APPJ) vor, der speziell für Methoden der optischen Diagnostik konzipiert wurde. Der homogen brennende Jet besitzt eine Länge von 30 mm bei einem Abstand der Elektroden und einer Breite des Entladungsvolumens von 1 mm. Der  $\mu$ -APPJ wird mit Leistungen von ca. 10 W bei einer Anregungsfrequenz von 13,56 MHz betrieben. Als Trägergas wird Helium verwendet, dem als Reaktivgas Sauerstoff zugemischt wird. Die Entladungseigenschaften werden durch diese Beimischung (max. 1 %) deutlich beeinflusst. Phasenaufgelöste Emissionsspektroskopie mit einer intensivierten CCD-Kamera erlaubt bei einer Zeitauflösung von 3 ns die ortsaufgelöste Untersuchung dynamischer elektronischer Anregungsvorgänge in den Schichtbereichen der Entladung. Kleine Beimischungen weiterer Edelgase (Ar, Ne, Xe) erlauben einen detaillierteren Blick auf verschiedene Energiebereiche der Anregung.

Teilweise gefördert durch den SFB591.

P 7.6 Mo 16:30 Poster A

**Entwicklung und Kalibrierung einer Thomson-Parabel mit MCP** — KNUT HARRES<sup>1</sup>, MARIUS SCHOLLMEIER<sup>1</sup>, JÖRG SCHREIBER<sup>2</sup>, FRANK NÜRNBERG<sup>1</sup>, ERIK BRAMBRINK<sup>3</sup>, MANUEL HEGELICH<sup>4</sup>, JULIEN FUCHS<sup>5</sup>, ABEL BLAZEVIC<sup>6</sup> und MARKUS ROTH<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Technische Universität Darmstadt, Deutschland — <sup>2</sup>Ludwig-Maximilians-Universität München, Deutschland — <sup>3</sup>Sandia National Laboratories Albuquerque, USA — <sup>4</sup>Los Alamos National Laboratories Los Alamos, USA — <sup>5</sup>Laboratoire pour l'Utilisation des Laser Intenses Palaiseau, Frankreich — <sup>6</sup>Gesellschaft für Schwerionenforschung Darmstadt, Deutschland

Eine Thomson-Parabel (TP) ist ein Ionenspektrometer zur Detektion und Analyse speziell laserbeschleunigter Ionenstrahlen. Mit Hilfe von parallelen elektrischen und magnetischen Feldern werden die Ionenstrahlen in der TP entsprechend ihrem Verhältnis von Ladung zu Masse separiert und durch eine Mikrokanalplatte detektiert. Die Beschleunigung der Ionen erfolgt bei der Wechselwirkung eines Hochleistungslasers mit dünnen Targetfolien (10-50 Mikrometer) durch den sogenannten TNSA-Mechanismus (target normal sheath acceleration) von der Targetrückseite. Die Durchführung der Experimente erfolgte am LULI 100TW System. Unter Verwendung von Simulationsprogram-

men und Vergleichsexperimenten mit absolut kalibrierten Detektoren war es möglich, die TP absolut zu kalibrieren und die Energiespektren der Ionen zu analysieren. Die Energiespektren der Ionen weisen einen exponentiellen Verlauf auf mit einer Energiebreite von 100%. Es wurden Protonen bis zu 13,6 MeV und Ionen bis zu 5 MeV/u nachgewiesen.

P 7.7 Mo 16:30 Poster A

**Räumlich und energetisch aufgelöste Rekonstruktion eines lasererzeugten Protonenstrahls** — ●FRANK NÜRNBERG<sup>1</sup>, MARIUS SCHOLLMEIER<sup>1</sup>, KNUT HARRES<sup>1</sup>, ABEL BLAZEVIC<sup>2</sup> und MARKUS ROTH<sup>1</sup> — <sup>1</sup>TU Darmstadt, Institut für Kernphysik, Darmstadt — <sup>2</sup>Gesellschaft für Schwerionenforschung, Darmstadt

Die Entdeckung der Teilchenbeschleunigung durch Laser-Plasma-Wechselwirkung ermöglicht die Erzeugung von hochenergetischen, gepulsten Protonenstrahlen durch intensive Laserpulse ( $10^{18}$  W/cm<sup>2</sup>). Beobachtungen zeigten, dass die Mehrzahl der Protonen von der Rückseite der bestrahlten Targetfolie emittiert werden. Dieser Effekt wird durch das TNSA-Modell der Ionenbeschleunigung beschrieben, dessen Basis ein durch austretende Elektronen gebildetes elektrisches Feld in der Größenordnungen von  $10^{12}$  V/m ist, das Protonen feldionisiert und auf einer Strecke von wenigen Mikrometern bis zu Energien von 60 MeV beschleunigt.

Die lasererzeugten Protonen werden durch ihre Energiedeposition im sensitiven Material eines radiochromatischen Films detektiert. Durch Stapelanordnungen dieser Filme erhält man eine energieaufgelöste Messungen, die mit einer entwickelten Matlab-Routine zu einer dreidimensionalen, orts- und energieaufgelösten Darstellung des lasererzeugten Protonenstrahls führt. Diese detaillierten Informationen über die Protonenverteilung und die bestimmten Strahlparameter Öffnungswinkel, Quellgröße, Divergenz und transversale Emittanz ermöglichen genauere Aussagen über den Beschleunigungsvorgang der Protonen und den Elektronentransport durch das Target.

P 7.8 Mo 16:30 Poster A

**Messung der Elektronendichte mittels optischer Emissionsspektroskopie (OES) und Vergleich mit anderen diagnostischen Methoden** — ●STEPHAN DIETRICH<sup>1,2</sup> und URSEL FANTZ<sup>1,2</sup> — <sup>1</sup>Lehrstuhl für Experimentelle Plasmaphysik, Institut für Physik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg — <sup>2</sup>Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, 85748 Garching

Ein wichtiger Parameter für Quellen- und Prozessoptimierung ist die Elektronendichte, für die es verschiedene, meist unterschiedlich aufwändige, Diagnostiken gibt. Eine Methode, die weder das zu untersuchende Plasma stört noch einen aufwändigen Aufbau hat, ist die optische Emissionsspektroskopie. Über die Messung von Linienverhältnissen erlaubt diese mit Hilfe von effektiven Emissionsratenkoeffizienten aus Stoß-Strahlungsmodellen eine einfache Bestimmung der Dichte. Um die OES zu verifizieren, werden die Ergebnisse mit denen aus Doppelsonde und Interferometrie an einem homogenen ECR-Plasma ( $f = 2.45$  GHz,  $P_{max} = 1$  kW) verglichen. Die Homogenität dieses Plasmas erlaubt einen besseren Vergleich zwischen sichtstrahlentzierenden Methoden und den lokal messenden Sonden. Ferner zeichnet sich das ECR-Plasma durch einen großen Druck- und Leistungsbereich aus, so dass eine Gegenüberstellung der verschiedenen Methoden für einen großen Parameterbereich ( $n_e = 1 \cdot 10^{16} - 5 \cdot 10^{18} m^{-3}$ ,  $T_e = 1.5 - 12 eV$ ) in Helium-, Argon- und Wasserstoff-Mischplasmen möglich ist.

P 7.9 Mo 16:30 Poster A

**Messung zur Plasmahomogenität an HF-Quellen zur Erzeugung negativer Ionen** — ●FABIAN MAISBERGER, URSEL FANTZ und NNBI - TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Boltzmannstraße 2, 85748 Garching

Die Entwicklung leistungsfähiger HF-Quellen ( $f=1$  MHz,  $P=100$  kW) für die Erzeugung negativer Wasserstoffionen ist von entscheidender Bedeutung für Neutralteilchenheizungen zukünftiger Fusionsexperimente (ITER). Die negative Ionen ( $H^-/D^-$ ) werden in Niederdruckentladungen ( $p=0.3$  Pa) durch Oberflächenprozesse erzeugt und anschließend durch ein Gittersystem extrahiert und beschleunigt. Zur Reduktion von ko-extrahierten Elektronen befindet sich vor dem Plasmagitter ein magnetisches Filterfeld ( $\approx 70$  G). Zusätzlich kann das Plasmagitter durch eine Biasspannung gegen die Quellenwand vorgespannt werden. Für ITER wird eine Inhomogenität des Ionenstrahls von unter 10% gefordert. Hierfür ist ein gleichmäßiges Plasma im Extraktionsbereich erforderlich. Zur Messung der Plasmamparameter steht unter anderem die optische Emissionsspektroskopie zur Verfügung. An einer Ionenquelle mit Extraktion wird mit Hilfe dreier horizontaler

Sichtstrahlen, die parallel zum Gittersystem verlaufen, die Homogenität des Plasmas untersucht. Im Langpulsbetrieb (100s - 1h) können Aussagen über zeitliche Variationen getroffen werden. Die Messungen zeigen, dass sich die Plasmasymmetrie durch Variation des magnetischen Filterfeldes und der angelegten Biasspannung beeinflussen lassen. Die Ergebnisse werden vorgestellt und diskutiert, zusätzlich wird ein Vergleich mit Messungen zur Strahlhomogenität gegeben.

P 7.10 Mo 16:30 Poster A

**Ortsaufgelöste  $H_\alpha$  Dopplerspektroskopie an einem Wasserstoffionenstrahl** — ●THOMAS ZACHARIAS, URSEL FANTZ und NNBI TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Boltzmannstraße 2, 85748 Garching

Für die Neutralteilchenheizung und den Stromtrieb von ITER wird eine Ionenquelle benötigt, die einen  $D^-$  - Strom von 40 A für Pulsängen von einer Stunde liefert. Bei einer erreichbaren Stromdichte von 200 Am<sup>-2</sup> muß eine Quelle, für negative Wasserstoffionen mit einer Fläche von 1.5 m x 0.6 m, entwickelt werden. Eine Herausforderung bei der Entwicklung solch großer negativer Ionenquellen für den Langpulsbetrieb ist die zeitliche und räumliche Homogenität des extrahierten Teilchenstrahls. Eine inhomogene Stromdichteverteilung kann durch die Aufweitung des Beams zu Problemen in der Strahlführung im Beschleunigungssystem führen. Um Aussagen über die Homogenität des Strahls machen zu können, wurde an einer Ionenquelle (0.6 m x 0.3 m) mit Extraktionssystem die  $H_\alpha$  Dopplerspektroskopie am Ionenstrahl in Betrieb genommen. Dazu wird die Halbwertsbreite und die Intensität der dopplerverschobenen  $H_\alpha$  - Linie betrachtet. Die Homogenitätsuntersuchungen am Beam werden gezeigt und in Zusammenhang mit den spektroskopischen Untersuchungen der Plasmahomogenität in der Ionenquelle diskutiert.

P 7.11 Mo 16:30 Poster A

**Experimental and numerical simulation of solar flares** — ●HOLGER STEIN<sup>1</sup>, LUKAS ARNOLD<sup>2</sup>, HENNING SOLTWISCH<sup>1</sup>, RAINER GRAUER<sup>2</sup>, DENIS GLUSHKOV<sup>1</sup>, and JÜRGEN DREHER<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Institut für Experimentalphysik V, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum, Germany — <sup>2</sup>Lehrstuhl für Theoretische Physik I, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum, Germany

A laboratory experiment to simulate solar flares has been constructed. The design follows a previous work of Hansen and Bellan [1], who employed an arc-shaped magnetic field ( $\leq 0.1$  T) to guide a strong current ( $\leq 40$  kA) through a cloud of rarefied hydrogen gas. The electrical characteristics of the discharge circuit have been assessed by means of a semi-circular copper conductor replacing the plasma arch, and the gross behaviour of the gas discharges has been examined for varied operational parameters (B-field, plasma current, gas injection) by using a fast single-frame ICCD camera. In parallel to these experimental activities, a numerical framework for simulating the observed plasma structures (including kink-like perturbations) has been developed, and first comparisons of measured and calculated data have been made.

[1] J. F. Hansen and P. M. Bellan, *Astrophys. J. Lett.* **563**, L183 (2001)

P 7.12 Mo 16:30 Poster A

**Innerer Aufbau der Großen Planeten Jupiter, Saturn und Neptun** — NADINE NETTELMANN, MARTIN FRENCH, ●WINFRIED LORENZEN, BASTIAN HOLST, ANDRE KIETZMANN und RONALD REDMER — Universität Rostock, 18051 Rostock

Im einfachsten Modell eines Großen Planeten, das alle Beobachtungsdaten reproduziert, gliedert sich das Innere in drei Schichten: im Falle von Jupiter und Saturn eine fluide, molekulare äußere Hülle, eine fluide, metallische innere Hülle und einen festen Kern. Die Bestimmung der Profile des Druckes, der Temperatur und der Dichte entlang des Radius in den äußeren Schichten erfordert die Kenntnis der Zustandsgleichung (EOS) von Wasserstoff, Helium, Wasser und Methan. Bei Jupiter resultiert die Verwendung verschiedener H-EOS in deutlich unterschiedlichen Kernmassen und Elementhäufigkeiten. Diese Eigenschaft eignet sich als Testmethode für die H-EOS in einem Bereich hoher Drücke und Dichten, der durch Laborexperimente noch nicht erreicht werden ist.

Neben dem inneren Aufbau von Jupiter, Saturn und Neptun zu verschiedenen Standard-EOS präsentieren wir Ergebnisse zur Leitfähigkeit in Jupiter und zu den Phasen des Wassers in Neptun. Diese Ergebnisse basieren auf QMD-Simulationen zu Wasserstoff, Helium und Wasser.

P 7.13 Mo 16:30 Poster A

**The momentum transfer rate due to current-driven tur-**

**bulence in magnetized plasma** — ●NINA ELKINA, KUANG WU LEE, and JOERG BUECHNER — Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung, Max-Planck-Str.2, 37191 Katlenburg-Lindau, Germany  
Up to now, it is still unclear that which mechanism causes the violation of frozen-in condition locally, which leads to magnetic field reconnection. It has been assumed that some kinds of plasma instabilities occur in current layers and generate anomalous resistivity because of the effective wave-particle interactions, and consequently reduce the electric current. The focuses of this study are to derive momentum transfer rate in strong turbulence case due to wave-particle interactions (\*anomalous\* resistivity) and the inertial effects relating the formation of large amplitude structures, such as double layer, which sustains strong potential drop in Debye scale. We have obtained the spectra of linearly unstable modes around ion-acoustic and lower-hybrid frequencies which peaked along the direction parallel to drift and to magnetic field with a spreading angle. On early stage of instability development, the main contribution into turbulence energy level is coming from the field-aligned wave modes. Further evolution of these waves lead to the development of planar double layers. On second stage one can see preferential growth of oblique modes. We calculate the effective resistivity due to any term in generalized Ohm's law and consider their relative importances on reducing current. In this study we discuss possible ways to include turbulence induced dissipation into a macroscopic model of solar coronal reconnection.

P 7.14 Mo 16:30 Poster A

**Spektroskopische Untersuchung von langlebigen Plasmoiden** — ●STEFAN NOACK, ALEX VERSTEEGH, BURKHARD JÜTTNER und GERD FUSSMANN — AG Plasmaphysik, HU Berlin

Aufbauend auf früheren Arbeiten russischer Gruppen wurden freischwebende Plasmoide durch eine Kondensatorentladung entlang einer Wasseroberfläche erzeugt. Mit einer Kapazität von 1 mF und einer Spannung von 4,8 kV lassen sich Plasmoide von 15 - 20 cm Durchmesser erzeugen. Diese leuchten etwa 200 ms ohne externe Energiezufuhr. Mittels spektroskopischen Messungen im Bereich 200 - 780 nm konnten mehrere Linien neutraler (Ca I, Na I, Cu I, K I) und einfach ionisierter Atome (Ca II) sowie Molekülbanden (OH, CaOH, CaO) identifiziert werden. Dafür wurde ein Echelle Spektrometer mit einer spektralen Auflösung von  $\lambda/\Delta\lambda = 40000$  verwendet. Es wurde die Zeitabhängigkeit der Spektren gemessen. Aus den zeitabhängigen Intensitäten lassen sich u.a. die Elektronentemperaturen ermitteln. Die Messungen verfolgen das Ziel, die Natur der Energiespeicherung im Plasmoid zu ergründen. Chemische Reaktionen wären eine mögliche Erklärung für die lange Lebensdauer des Plasmoids. Ein weiterer Untersuchungsgegenstand ist das Auftreten eines aus dem Plasmoid hervorgehenden Lichtstrahls (jet).

P 7.15 Mo 16:30 Poster A

**Experimentelle und theoretische Bestimmung der Wellenlängen von Emissionslinien im Röntgenbereich hochgeladener Wolframionen** — ●ROBERT SEIDEL<sup>1</sup>, CHRISTOPH BIEDERMANN<sup>1,2</sup>, RAINER RADTKE<sup>1,2</sup> und THOMAS PÜTTERICH<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Institut für Physik der Humboldt Universität zu Berlin, Lehrstuhl Plasmaphysik, Newtonstr. 15, 12489 Berlin — <sup>2</sup>Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, Germany

Mit der Untersuchung von Linienstrahlung hochgeladener Wolframionen im Röntgenbereich und im EUV unterstützt die Berliner Elektronenstrahl-Ionenfalle (EBIT) die Arbeiten zur Kernfusion. Dank seiner Eigenschaften eignet sich Wolfram als Divertormaterial in zukünftigen Kernfusionsexperimenten wie z.B. ITER. Zur Bestimmung der Strahlungscharakteristik von Wolfram ist es wichtig, Informationen über den Ladungszustand und die konkreten Übergänge der auftretenden Emissionslinien zu erlangen. In der EBIT werden hochgeladene Wolframionen erzeugt (hier: Ar-artiges  $W^{56+}$  bis He-artiges  $W^{72+}$ ), gespeichert und spektroskopisch untersucht. Neben Übersichtsspektren werden Emissionslinien mittels eines hochauflösenden Bragg-Spektrometers im Energiebereich zwischen 8 und 11 keV registriert. Die experimentellen Daten werden mit den Ergebnissen von Atomstrukturrechnungen verglichen.

P 7.16 Mo 16:30 Poster A

**Struktur in stark-gekoppelten Mehrkomponenten-Plasmen** — ●KATHRIN WÜNSCH<sup>1</sup>, MANFRED SCHLANGES<sup>1</sup> und DIRK O. GERICKE<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Institut für Physik, E.-M.-Arndt-Universität Greifswald, 17489 Greifswald — <sup>2</sup>Centre for Fusion, Space and Astrophysics, Department of Physics, University of Warwick, Coventry CV4 7AL, United Kingdom

Die Struktur dichter Plasmen, d.h. die radiale Verteilungsfunktion bzw. der Strukturfaktor, ist eng mit den thermodynamischen Eigenschaften des Systems verbunden. Ein Vergleich experimenteller Daten mit theoretischen Resultaten erlaubt damit Rückschlüsse auf die Plasma-parameter. Zur numerischen Bestimmung der Verteilungsfunktion bzw. des Strukturfaktors wird hier das bekannte HNC-Verfahren, d.h. die Lösung gekoppelter Integralgleichungen, auf Mehrkomponenten-Plasmen angewendet. Im Bereich starker Kopplung entsteht besonders im Ionensystem eine ausgeprägte, kurzreichweitige Struktur, deren Abhängigkeit von den Plasmametern an verschiedenen Beispielen diskutiert wird. Zur Beschreibung der Elektronen ist es notwendig, Quanteneffekte (approximativ) zu berücksichtigen; dieses wird durch die Verwendung verschiedener effektiver Potentiale erreicht. Weiterhin wird der Einfluß der gezeigten Resultate auf die Plasmadiagnostik mittels Thomson-Streuung diskutiert.

P 7.17 Mo 16:30 Poster A

**Plasma phase transition in deuterium: direct path-integral Monte-Carlo calculations and new experimental results** — ●VLADIMIR FILINOV<sup>1,2</sup>, PAVEL LEVASHOV<sup>1</sup>, MICHAEL BONITZ<sup>2</sup>, VLADIMIR FORTOV<sup>1</sup>, M.A. MOCHALOV<sup>3</sup>, and M.V. ZHERNOKLETOV<sup>3</sup> — <sup>1</sup>Institute for High Energy Densities RAS, Moscow, Russia — <sup>2</sup>Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Theoretische Physik und Astrophysik — <sup>3</sup>Russian Federal Nuclear Center, All-Russia Research Institute of Experimental Physics, Sarov, Russia

The Plasma phase transition (PPT) is known as a possible Coulomb correlation effect in dense quantum plasmas for many decades, but up to now, there was no experimental confirmation. Recently reliable experimental measurements of the density along a quasi-isentrope of deuterium have been performed by Mochalov et al. who compressed deuterium in a cylindrical vessel by a number of shock waves. For the density measurement two gamma sources were used. The experiments showed a remarkable density jump (of about 30%) at nearly constant pressure (around 1.4 Mbar) and temperature (around 5.000K). This density jump is surprisingly close to the theoretically predicted instability region. Therefore, it is expected that this experiment is the first evidence for the plasma phase transition in dense deuterium. In this contribution we show the basic experimental results and present new first principle direct fermionic path integral Monte Carlo simulations which confirm the PPT.

This work is supported by the Deutsche Forschungsgemeinschaft via SFB-TR24.

P 7.18 Mo 16:30 Poster A

**HNC calculations for two-component plasmas** — ●VOLKER SCHWARZ<sup>1</sup>, THOMAS BORNATH<sup>1</sup>, WOLF DIETRICH KRAEFT<sup>1,2</sup>, and RONALD REDMER<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Institut für Physik, Universität Rostock, 18051 Rostock — <sup>2</sup>Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, 17487 Greifswald

We have performed HNC calculations for dense beryllium plasma as studied experimentally by using x-ray Thomson scattering. We treated non-equilibrium situations with different electron and ion temperatures which are relevant in pump-probe experiments on ultra-short time scales. To consider quantum effects adequately, we used effective pair potentials to describe the interactions. Results are compared with classical as well as quantum corrected Debye model calculations. We find that the electron-ion contributions are very sensitive on the results. This work is supported by the DFG SFB 652, and by the Helmholtz-Gemeinschaft Virtual Institute VH-VI-104.

P 7.19 Mo 16:30 Poster A

**Electrical and Hall conductivity in Ar and Xe plasmas** — ●JOHN ADAMS<sup>1,2</sup>, HEIDI REINHOLZ<sup>1</sup>, RONALD REDMER<sup>1</sup>, GERD ROEPKE<sup>1</sup>, and MARTIN FRENCH<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Institut für Physik, Universität Rostock, 18051 Rostock — <sup>2</sup>School of Physics, University of Western Australia, Nedlands, WA 6907, Australia

Experiments on the electrical conductivity of inert gases have been revisited. Within the linear response theory of partially ionized plasmas [1], the description of electron-atom scattering using experimentally determined transport cross sections leads to a qualitatively improved description. It emphasizes the relevance of the Ramsauer minimum which had been neglected so far when using a polarization potential approach. The traditionally used degeneracy dependent Spitzer factor is critically discussed.

In recent years, noble gas plasmas have also been investigated under the influence of magnetic fields. In this context, the Hall conductivity

ity is considered as a tool for diagnostics of the free electron density, which is otherwise not directly accessible for experimental determination. The linear response theory allows for a consistent investigation of the Hall coefficient and other thermoelectric transport properties. Within this approach, comparison [2] with recent experimental results for the Hall conductivity in partially ionized argon and xenon plasmas [3] is presented.

- [1] Reinholz et al. PRE 52 (1995) 395; Redmer, PR 282 (1997) 35  
 [2] Adams et al. Contrib. Plasma Phys., in press  
 [3] N. S. Shilkin et al., ZETF 124 (2003) 1030 [JETP 97 (2003) 922]

P 7.20 Mo 16:30 Poster A

**Elektromagnetische Turbulenz in TJ-K und ihre Abhängigkeit vom Plasma- $\beta$**  — ●KIAN RAHBARNIA<sup>1</sup>, EBERHARD HOLZHAUER<sup>1</sup>, FRANKO GREINER<sup>2</sup>, ALEXANDER KENDL<sup>3</sup>, NAVID MAHDIZADEH<sup>1</sup>, MIRKO RAMISCH<sup>1</sup>, BRUCE SCOTT<sup>4</sup> und ULRICH STROTH<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Institut für Plasmaphysik, Universität Stuttgart — <sup>2</sup>Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Universität Kiel — <sup>3</sup>Institut für Theoretische Physik, Universität Innsbruck — <sup>4</sup>Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Garching

Neben elektrostatischen Fluktuationen sind magnetische Fluktuationen ein wichtiger Aspekt für Untersuchungen turbulenter Prozesse in Plasmen. Deren Analyse ist unter anderem Voraussetzung für das Verständnis der Stabilität von Fusionsplasmen. In TJ-K treiben Driftwelleninstabilitäten die Turbulenz. In dieser Arbeit werden die mit Hilfe von  $\dot{B}$ -Sonden gemessenen Spektren magnetischer Fluktuationen präsentiert. Ein Vergleich der experimentellen Daten mit denen aus dem Simulationscode DALF3 erhaltenen Ergebnissen liefert in weiten Bereichen eine gute Übereinstimmung. Dies deutet, ebenso wie die Untersuchungsergebnisse aus Langmuirsonden-Messungen, auf eine parallele Dynamik der Driftwellen-Turbulenz hin, die für parallele Ströme verantwortlich ist und so die elektromagnetische Komponente der Turbulenz erzeugt. Die Leistung in den Magnetfeldfluktuationen fällt, wie theoretisch erwartet, etwa wie  $\beta^{-1}$  ab. Dabei ist der Abfall im Experiment stärker als in den Simulationen.

P 7.21 Mo 16:30 Poster A

**Skalierungsverhalten turbulenter Strukturen im Torsatron TJ-K** — ●EVELYN HÄBERLE, MIRKO RAMISCH und ULRICH STROTH — Institut für Plasmaphysik, Universität Stuttgart

Ein Maß für die Qualität des magnetischen Plasmaeinschlusses in Fusionsexperimenten ist die globale Energieeinschlusszeit. Deren Skalierungseigenschaften werden maßgeblich durch turbulente Transportprozesse auf mikroskopischer Skala bestimmt und sind abhängig vom Antriebsmechanismus der Turbulenz. Wichtig für die Vorhersage der Einschlussqualität von Plasmen in zukünftigen Fusionsreaktoren ist die Untersuchung der Skalierungseigenschaften mikroskopischer Größen wie der Korrelationslänge  $L$  der turbulenten Strukturen. Für Driftwellenturbulenz, wie sie in TJ-K vorherrscht, wird ein linearer Zusammenhang zwischen der Strukturgröße und dem charakteristischen Driftparameter  $\rho_s = \sqrt{T_e M_i} / eB$  vorhergesagt.

Zur Untersuchung der Skalierungseigenschaften der Strukturen wurden in dieser Arbeit die Korrelationslängen quasikohärenter Strukturen in den Dichtefluktuationen der Niedertemperaturplasmen des Torsatrons TJ-K mit einem  $8 \times 8$ -Langmuirsondenarray vermessen und deren Skalierung mit charakteristischen Größen wie dem Driftparameter bestimmt. Frühere Skalierungsuntersuchungen bei einem Magnetfeld von  $B = 72$  mT unter Variation der Ionenmasse wurden in dieser Arbeit durch den Parameterbereich bei  $B = 276$  mT erweitert. Es zeigt sich, dass sich die Strukturen um das Verhältnis der Magnetfeldstärken ändern. Die Skalierungseigenschaften der Strukturen sind mit  $L \sim \rho_s^{0.8}$  im Bereich der vorhergesagten Skalierung für Driftwellenturbulenz.

P 7.22 Mo 16:30 Poster A

**Mikrowellenheizung überdichteter Plasmen in TJ-K** — ●ALF KÖHN<sup>1</sup>, FRANKO GREINER<sup>2</sup>, EBERHARD HOLZHAUER<sup>1</sup>, CARSTEN LECHTE<sup>1</sup>, KIAN RAHBARNIA<sup>1</sup>, MIRKO RAMISCH<sup>1</sup> und ULRICH STROTH<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Institut für Plasmaphysik, Universität Stuttgart — <sup>2</sup>Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität Kiel

Im Torsatron TJ-K werden mittels ECRH bei 2.45 GHz und 8.25 GHz Niedertemperaturplasmen erzeugt. Im Gegensatz zu Fusionsexperimenten sind die Absorptionskoeffizienten an der fundamentalen Resonanz in solchen Plasmen niedrig, so dass keine effektive Heizung dort stattfinden kann. Obwohl zusätzlich der Cutoff am Plasmarand liegt, wird das Plasma effektiv geheizt, was durch zentral zugespitzte Dichtepprofile belegt ist. Hohle Temperaturprofile weisen auf eine Leis-

tungsdeponierung am Rand hin.

Die Ergebnisse umfangreicher Parameterstudien werden vorgestellt. Sie deuten darauf hin, dass die eingestrahlte Welle Leistung im Bereich der oberen Hybriden deponiert. Untermauert wird dieses durch Wellenfeldmessungen. Es wird gezeigt, wie optimierte Antennenstrukturen die Absorption gezielt beeinflussen.

Weiterhin werden erste mit dem Wellencode IPF-FD3D durchgeführte globale Simulationen des Wellenfeldes im Vakuumgefäß mit Plasma vorgestellt und mit Messungen verglichen.

P 7.23 Mo 16:30 Poster A

**Vergleich dimensional ähnlicher Turbulenz in TJ-K und ASDEX Upgrade** — ●BERNHARD NOLD<sup>1</sup>, MIRKO RAMISCH<sup>1</sup>, VOKER ROHDE<sup>2</sup>, ASDEX UPGRADE TEAM<sup>2</sup> und ULRICH STROTH<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Institut für Plasmaphysik, Universität Stuttgart — <sup>2</sup>MPI für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Garching

In magnetisch eingeschlossenen Plasmen führt von Instabilitäten getriebene Turbulenz zu ungewollten Teilchen- und Energieverlusten. In den Niedertemperaturplasmen des Torsatrons TJ-K wurden die typischen Eigenschaften von Driftwellenturbulenz beobachtet. So sind Dichte- und Potentialfluktuationen annähernd in Phase, die parallele Wellenlänge endlich und die charakteristische Größe der Fluktuationen skaliert mit dem Driftparameter  $\rho_s = \sqrt{M_i T_e} / eB$ . Dies stimmt mit numerischen Simulationen überein. Die dimensionale Ähnlichkeit von TJ-K-Plasmen zu denen in der Randschicht von Fusionsexperimenten deutet darauf hin, dass auch dort Driftwellen die Turbulenz dominieren könnten.

Im Rahmen dieser Arbeit werden die turbulenten Strukturen in TJ-K und der Randschicht des Tokamaks ASDEX Upgrade experimentell mit linearen Sondenarrays untersucht und verglichen. Insbesondere werden die Dynamik senkrecht zum Magnetfeld und die Phasenbeziehung zwischen Potential- und Dichtefluktuationen untersucht. Der diagnostische Aufbau sowie erste Messungen werden vorgestellt.

P 7.24 Mo 16:30 Poster A

**Frequenzgesteuerte Array-Antenne zur Elektron-Zyklotron-Resonanz-Heizung mit Bernsteinwellen am Torsatron TJ-K** — ●HENDRIK HÖHNLE, ACHIM JOOSS, WALTER KASPAREK, ALF KÖHN, HELGA KUMRIC, CARSTEN LECHTE, BURKHARD PLAUM und ULRICH STROTH — Institut für Plasmaphysik, Universität Stuttgart, D-70550 Stuttgart

Das Plasma im Torsatron TJ-K wird mit Hilfe von ECRH bei Frequenzen von 2.45 GHz und 8.25 GHz geheizt. Der Cutoff der O- und X-Welle liegt hierbei am Plasmarand, so dass die Welle nicht bis ins Plasmazentrum eindringen kann. Die OXB-Konversion wandelt die O-Welle in eine Bernstein-Welle um, wobei die Effizienz dieser Umwandlung vom Winkel zwischen Wellenvektor und Magnetfeld abhängt. Diese Bernstein-Welle kann bis in das Zentrum des Plasmas propagieren und dort absorbiert werden. Mit Hilfe einer frequenzgesteuerten Array-Antenne wird die OXB-Konversion am TJ-K in Abhängigkeit des Einstrahlwinkels im Frequenzbereich von 7.90 GHz – 8.40 GHz untersucht. Der Aufbau der Antenne, Wellenrechnungen und erste Resultate werden vorgestellt.

Unter bestimmten Bedingungen besitzen Bernstein-Wellen die Eigenschaften von Rückwärtswellen, d.h. die Phasengeschwindigkeit und die Gruppengeschwindigkeit laufen in entgegengesetzte Richtungen. Aufgrund dieser Eigenschaft soll ein Zusammenhang zwischen Bernstein-Wellen und Rückwärtswellen in Metamaterialien herausgearbeitet werden.

P 7.25 Mo 16:30 Poster A

**Data adaptive control parameter estimation for scaling laws** — HEIKO DREIER<sup>1</sup>, ROLAND PREUSS<sup>2</sup>, ●ANDREAS DINKLAGE<sup>1</sup>, and VOLKER DOSE<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Teilinstitut Greifswald, Wendelsteinstraße 1, D-17491 Greifswald — <sup>2</sup>Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Boltzmannstraße 2, D-85748 Garching

Bayesian experimental design quantifies the utility of data expressed by the information gain. Data adaptive exploration determines the expected utility of a single new measurement using existing data and a data descriptive model. In other words, the method can be used for experimental planning.

As an example for a multivariate linear case, we apply this method for constituting scaling laws of fusion devices. In detail, the scaling of the stellarator W7-AS is examined for a subset of  $\iota=1/3$  data. The impact of the existing data on the scaling exponents is presented. Furthermore, in control parameter space regions of high utility are identified which improve the accuracy of the scaling law.

This approach is not restricted to the presented example only, but can also be extended to non-linear models.

P 7.26 Mo 16:30 Poster A

**Zur Struktur turbulenter Fluktuationen am Stellarator WEGA** — ●STEFAN MARSEN, MATTHIAS OTTE, MARTIN SCHUBERT und FRIEDRICH WAGNER — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, 17491 Greifswald, EURATOM Assoziation

WEGA ist ein klassischer  $l = 2$ ,  $m = 5$  Stellarator, an dem magnetisch eingeschlossene Niedertemperaturplasmen erzeugt werden. Räumlich und zeitlich aufgelöste Messungen von Dichtefluktuationen erlauben eine Charakterisierung turbulenter Fluktuationen sowohl im realen als auch im Fourierraum. Ein poloidales Langmuirsonden-Array mit 13 Kanälen dient zur Untersuchung der Struktur der Fluktuationen  $\perp \mathbf{B}$ . Toroidal aufgelöste Messungen geben Einsicht in die dreidimensionale Struktur. Die Existenz der dafür notwendigen direkten Verbindungslinien zwischen den toroidal entfernten SONDENSYSTEMEN konnte in Rechnungen gezeigt und experimentell mit Hilfe eines Elektronenstrahls bestätigt werden. Der Einfluss von Ionenmasse und Magnetfeld auf die poloidale Ausdehnung turbulenter Strukturen sowie auf deren spektrale Eigenschaften wurde untersucht. Die gleichzeitige Messung von Dichte und Potenzial mit hoher zeitlicher Auflösung ermöglicht die Berechnung des turbulenten radialen Teilchentransports.

P 7.27 Mo 16:30 Poster A

**First Results of Heavy Ion Beam Probing at WEGA** — ●YURIJ PODOBA<sup>1</sup>, MARTIN SCHUBERT<sup>1</sup>, and ALEXANDER ZHEZHERA<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Max-Planck-Institut fuer Plasmaphysik, Greifswald, Germany — <sup>2</sup>Kharkov Institute of Plasma Physics, Kharkov, Ukraine

At the classical stellarator experiment WEGA a Heavy Ion Beam Probe (HIBP) diagnostic is currently being installed and tested. The diagnostic principle is based on the difference of the Larmor radii of highly energetic heavy ions with different ionization states. The presented measurements were carried out injecting a primary 33-keV Na<sup>+</sup> beam into a He plasma at a magnetic field strength of 0.45 T. The secondary Na<sup>++</sup> beam was detected. Energy analysis yields the electrostatic potential inside the secondary ionization volume with an estimated spatial resolution of about 1.5 cm. The intrinsic temporal resolution is high enough to measure plasma parameters in experiments with modulated heating power. Temporal resolution is limited by the noise level and bandwidth of the amplifiers used in the detection system. First measurement results indicate a positive plasma potential, using the vacuum vessel as the potential reference. This is in reasonable agreement with data from Langmuir probes. The WEGA HIBP is being set up and operated in collaboration with the Institute for Plasma Physics in Kharkov, Ukraine.

P 7.28 Mo 16:30 Poster A

**Experimentelle Untersuchungen nicht-linearer Phänomene von Whistlerwellen** — ●JÖRG PFANNMÖLLER<sup>1</sup>, OLAF GRULKE<sup>1,2</sup>, THOMAS KLINGER<sup>1,2</sup> und KONRAD SAUER<sup>3</sup> — <sup>1</sup>MPI für Plasma Physik, EURATOM Assoziation, Greifswald, Deutschland — <sup>2</sup>Ernst-Moritz-Arndt Universität, Greifswald, Deutschland — <sup>3</sup>University of Alberta, Edmonton, Canada

Whistlerwellen sind rechtszirkuläre Plasmawellen im Frequenzbereich zwischen Ionen- und Elektronenzyklotronfrequenz  $\omega_{ci} \ll \omega \ll \omega_{ce}$ . Sie treten u.a. in verschiedenen Bereichen der Erdmagnetosphäre auf. Eine Besonderheit des Dispersionsverhaltens von Whistlerwellen ist, dass bei  $\omega = \frac{\omega_{ce}}{2}$  Phasen- und Gruppengeschwindigkeit übereinstimmen. Bei dieser Frequenz wird die Existenz spezieller solitärer Lösungen vorhergesagt, so genannte Oszillitonen [1].

In diesem Beitrag wird die Dispersionsrelation der Whistlerwellen in dem linearen Helikonexperiment VINETA untersucht. Dazu werden Messungen des magnetischen Wellenfeldes mittels  $\hat{B}$ -Sonden durchgeführt. Erste Untersuchungen haben gezeigt, dass bei  $\frac{\omega_{ce}}{2}$  systematische Abweichungen von der linearen Dispersionsrelation auftreten [2], die erster Indikator für die Existenz nicht-linearer Effekte sind. Der Schwerpunkt der Untersuchungen wird dabei auf detaillierte Messungen der Dispersionsrelation im Frequenzbereich  $\omega = \frac{\omega_{ce}}{2}$  gelegt, indem die Oszillitonen möglicherweise angeregt werden. [1] K. Sauer *et al.*, J. Plasma Phys., 69, (2003) [2] C. Franck *et al.*, Phys. Plasmas, 9, (2002)

P 7.29 Mo 16:30 Poster A

**Einfluss raumzeitlicher elektrostatischer und elektromagnetischer Felder auf Driftwellen** — ●CHRISTIAN BRANDT<sup>1</sup>, OLAF GRULKE<sup>1,2</sup> und THOMAS KLINGER<sup>1,2</sup> — <sup>1</sup>MPI für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Greifswald — <sup>2</sup>Ernst-Moritz-Arndt Universität,

Greifswald

In dem linear magnetisierten Helikonexperiment VINETA werden Driftwellen als dominante Instabilität beobachtet. Abhängig von Druck und Magnetfeld treten kohärente Driftwellen oder Driftwellenturbulenz auf. Mit raumzeitlichen elektrostatischen Feldern können nichtlineare Effekte wie Frequency-Pulling von kohärenten Driftwellen sowie Synchronisation von schwach entwickelter Driftwellenturbulenz beobachtet werden [1]. Auch für raumzeitliche elektromagnetische Felder wurde die nichtlineare Wechselwirkung mit kohärenten Driftwellen beobachtet [2]. Für das Experiment VINETA stehen zwei Versuchsanordnungen zur Untersuchung der Wechselwirkung zwischen Driftwellen und raumzeitlicher elektrischer bzw. magnetischer Felder zur Verfügung, die mit Oktupolen aus 8 azimutal angeordneten Elektroden bzw. 8 Magnetfeldspulen erzeugt werden. Die Modenzahl der Felder ist auf  $m < 4$  beschränkt, die Rotation der Feldstrukturen erfolgt mit den typischen Driftwellenfrequenzen von 0.5-10 kHz. In diesem Beitrag werden Ergebnisse zur Beeinflussung von kohärenten Driftwellen und Unterdrückung der breitbandigen Driftwellenturbulenz mittels beider Anordnungen vorgestellt. [1] C. Schröder *et al.*, Phys. Rev. Lett., 86 (2001). [2] U. Kauschke, Plasma Phys. Controlled Fusion 34 (1992).

P 7.30 Mo 16:30 Poster A

**Propagation turbulenter Strukturen in Driftwellenturbulenz** — ●OLAF GRULKE<sup>1,2</sup>, THOMAS WINDISCH<sup>1</sup>, VOLKER NAULIN<sup>3</sup> und THOMAS KLINGER<sup>1,2</sup> — <sup>1</sup>MPI für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Greifswald — <sup>2</sup>Ernst-Moritz-Arndt Universität, Greifswald — <sup>3</sup>Risø National Laboratory, Roskilde, Dänemark

Der intermittente Transport in turbulenten Plasmen ist untrennbar mit der Bildung von raumzeitlichen Strukturen verbunden. Die Entwicklung von raumzeitlichen Diagnostiken zur Untersuchung der turbulenten Randschicht von Fusionsexperimenten erlaubt mittlerweile eine detaillierte Untersuchung der vollen Propagation der Fluktuationenstrukturen. Diese ist nicht allein durch die zeitgemittelten Plasmadriften in poloidaler Richtung gegeben, sondern zeigen eine starke radiale Komponente der Propagation. In den gängigen Modellen wird die radiale Propagation der Polarisation von Fluktuationenstrukturen durch die Magnetfeldkrümmung zugeschrieben. Dieser Beitrag präsentiert detaillierte Untersuchungen zur Bildung und Propagation von turbulenten Strukturen in der Driftwellenturbulenz der linearen, homogen magnetisierten Helikonentladung VINETA. Auch in dieser Konfiguration kann eine radiale Strukturpropagation beobachtet werden, deren normierte radiale Geschwindigkeit vergleichbar zu den Beobachtungen in Fusionsexperimenten ist. Der Vergleich mit Resultaten aus dreidimensionalen globalen numerischen Simulationen zeigt, dass die radiale Propagation ein direktes Ergebnis der selbstkonsistenten Potentialfluktuationen der Driftwellenturbulenz ist.

P 7.31 Mo 16:30 Poster A

**Comparison of conditional averaging and spatio-temporal diagnostics** — ●DIETMAR BLOCK, IULIAN TELIBAN, and ALEXANDER PIEL — IEAP der CAU Kiel, Olshausenstr. 40-60, 24098 Kiel

Conditional averaging and cross-correlation analysis allow in-depth study of plasma turbulence with just two probe tips. Two-dimensional probe arrays are now employed to provide spatial-temporal resolution at plasma turbulence. Increasing the spatial resolution of probe arrays to those of two probe techniques is difficult to achieve. Typically, there is at least a factor of four less resolution in space for probe arrays. Recently, we introduced a super-resolution method to numerically enhance the spatial resolution of probe arrays by transferring information from time to space domain [1]. This allows us to compare two point techniques with spatio-temporal measurements directly. Here, we will use experimental data to discuss the prospects and limitations of two probe methods [2] in detail.

[1] I. Teliban, D. Block, A. Piel, and V. Naulin, PPCF 48 (2006). [2] D. Block, I. Teliban, F. Greiner, and A. Piel, Phys. Scripta T122 (2006).

P 7.32 Mo 16:30 Poster A

**Untersuchungen von ionenakustischen Wellen in einer Doppelplasmaanlage** — ●IMKE GOERTZ und ALEXANDER PIEL — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität, D-24098 Kiel

Ionenakustische Wellen werden mit einem Gitter in der Targetkammer einer Doppelplasmaanlage erzeugt und mit einer verfahrbaren Langmuirsonde phasempfindlich detektiert. Die Dispersionsrelation in reinen Edelgasen stimmt mit der Fluidtheorie überein. Weiter wird

der Einfluss des Verarmungsparameters  $n_e/n_+$  auf die Ausbreitungsgeschwindigkeit der ionenakustischen Welle untersucht. Hierzu wird das elektronenegative Gas SF<sub>6</sub> eingebracht, das durch Attachment die Dichte der freien Elektronen reduziert. Die Phasengeschwindigkeit der ionenakustischen Welle nimmt bei Reduktion von  $n_e$  zu. Da der größte Wirkungsquerschnitt des SF<sub>6</sub> für Elektronenattachment bei 0,1 eV liegt, ist der Einbau eines magnetischen Filters notwendig, das höherenergetische Elektronen aus dem zu untersuchenden Bereich fernhält. Es werden Messungen der Wellenausbreitung auf beiden Seiten des Anregungsgitters durchgeführt, um den Einfluss von Phasendriften auf die Phasengeschwindigkeit der ionenakustischen Wellen zu untersuchen. Das Fernziel dieser Studien ist ein Vergleich des Einflusses negativ geladener Staubteilchen mit dem negativer Ionen auf die Ausbreitung und Dämpfung ionenakustischer Wellen.

P 7.33 Mo 16:30 Poster A

**Digitale Inline-Holographie komplexer Plasmen** — ●MATTIAS KROLL, DIETMAR BLOCK, OLIVER ARP und ALEXANDER PIEL — IEAP, CAU Kiel, Olshausenstr. 40-60, 24098 Kiel

Die Strukturanalyse von dreidimensionalen Systemen in komplexen (staubigen) Plasmen ist ein aktuelles Forschungsgebiet von großem Interesse. Dabei stoßen die üblichen Verfahren der Videomikroskopie bei der Untersuchung dynamischer Prozessen an ihre Grenzen. Neben der Stereoskopie stellt die digitale Inline-Holographie (DIH) eine vielversprechende Methode zur Bestimmung der Partikelposition in 3D dar. Im Vergleich zur Stereoskopie kann mit Hilfe der DIH ein größeres Volumen bei einer sehr kurzen Belichtungszeit beobachtet werden. Die Hologramme werden dabei direkt mit einem CCD Sensor aufgenommen und anschließend am PC numerisch rekonstruiert. Dadurch ist es möglich die Phaseninformation der komplexen Amplitude zur Verbesserung der Tiefeninformation zu nutzen (PECA Methode). Dieser Beitrag stellt Experimente zur Untersuchung des Orts- und Zeitaufklärungsvermögens der DIH vor. Hierzu wurden Hologramme von Partikeln auf Glasplatten und in der Randschicht eines Plasmas erstellt und ausgewertet. Weiter wurde die Leistungsfähigkeit der PECA Methode anhand von synthetischen Daten getestet.

P 7.34 Mo 16:30 Poster A

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

Langmuirsonden sind eines der wichtigsten Hilfsmittel zur Bestimmung von Plasmaparametern in Gasentladungen. Abhängig von den gegebenen Entladungsbedingungen werden bei der Auswertung der Sondenkennlinien Theorien wie orbital motion [1] oder radial motion [2] genutzt. Unter der Annahme einer stoßfreien Randschicht gibt es Parametrisierungen für die orbital motion-Theorie [3], für den stoßbehafteten Fall muss auf die in tabellarischer Form vorliegenden numerischen Rechnungen zur Anpassung von Kennlinien zurückgegriffen werden. Dieses Poster stellt Überlegungen und Ansätze zur Parametrisierung der radial motion-Theorie mit Stößen vor, die zu einer einfacheren und schnelleren Auswertung von Sondenkennlinien führen können. [1] J.G.Laframboise, Report No 100, UTIAS (1966) [2] J.E.Allen, R.L.F.Boyd, P.Reynolds, Proc. Phys. Soc. 70 (1957) [3] M. Mausbach, J. Vac. Sci. Technol. A 15 (1997)

P 7.35 Mo 16:30 Poster A

**Staubströmungsvorgänge in der Nähe von Langmuirsonden** — ●DAVID CALIEBE, OLIVER ARP, MARKUS KLINDWORTH und ALEXANDER PIEL — IEAP, CAU-Kiel, D-24098 Kiel

Langmuirsonden werden zunehmend auch zur Diagnostik von komplexen (staubigen) Plasmen eingesetzt. Dabei ist das Verständnis der Interaktion zwischen den Staubpartikeln und der Sonde von großer Bedeutung. In diesem Beitrag wird die Staubverteilung um die Sondenspitze in Abhängigkeit von der Sondenvorspannung untersucht. Hierzu werden Experimente vorgestellt, die im Labor und unter Mikrogravitationsbedingungen durchgeführt wurden. Bei einer positiven Vorspannung an der Sondenspitze werden die negativ geladenen Staubpartikel zur Sonde hin beschleunigt. Im Falle einer typischen Zylindersonde aus dünnem Draht, bewegen sich die Partikel bevorzugt auf die äußerste Spitze zu. Aus der Analyse der Partikeltrajektorien schließen wir zurück auf die verschiedenen Kräfte in der Umgebung der Sonde, die auf die Staubpartikel wirken. Die Potentialverteilung und die Rolle des Ionenwindes werden diskutiert.

P 7.36 Mo 16:30 Poster A

**Experimente an Staubbichtwellen unter Schwerelosigkeit** —

●KRISTOFFER MENZEL, OLIVER ARP, MARKUS KLINDWORTH und ALEXANDER PIEL — IEAP, CAU-Kiel, D-24098 Kiel

Selbsterregte Staubbichtwellen werden in dreidimensionalen komplexen (staubigen) Plasmen bei niedrigen Neutralgasdrücken und hohen Staubbichten beobachtet. Unter Mikrogravitationsbedingungen während Parabelflügen haben wir zwei Arten von Dichtewellen beobachtet. Im Staubvolumen breiten sich diese parallel zur Ionenströmung aus, während sie nahe der Plasmarandschicht unter einem großen Winkel zur Strömungsrichtung der Ionen propagieren. Dieses Verhalten kann durch ein Fluidmodell erklärt werden. In weiteren Experimenten haben wir den Strahlungsdruck eines Lasers benutzt, um eine externe Kraft auf ausgewählte Bereiche der Staubwolke auszuüben. Der Einfluss dieser Lasermanipulation auf die Propagation der Staubbichtwellen wird in diesem Beitrag vorgestellt.

P 7.37 Mo 16:30 Poster A

**Driftwellen in staubigen Laborplasmen** — ●SASCHA KNIST, FRANKO GREINER und ALEXANDER PIEL — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität Kiel, 24098 Kiel

Driftwellen sind in magnetisierten Plasmen allgegenwärtige Wellenvorgänge, die durch den radialen Druckgradienten der Elektronen getrieben werden. Dieser Wellentyp ist in gewöhnlichen Plasmen gut verstanden und es gibt eine Reihe theoretischer Untersuchungen, wie eine zusätzliche Staubkomponente diese Driftwellen beeinflusst. Experimentelle Ergebnisse zu diesem Wellentyp liegen in staubigen Plasmen noch nicht vor. Man unterscheidet grundsätzlich zwei Typen von Driftwellen, die 'dust drift wave', bei der die negativ geladenen Staubteilchen selbst magnetisiert sind, und die 'dust-modified drift wave', in der die Anwesenheit des Staubes im Wesentlichen zu einer Reduktion der freien Elektronendichte führt und hierdurch mittelbar zu einer Modifizierung der Driftwellen führt. Nur dieser letztere Typ kann in dem neuen Experiment DUSTWHEEL studiert werden, da die für die 'dust drift wave' erforderliche Gyrationbewegung von Staubteilchen durch Staub-Neutralstöße zerstört wird. Es werden in diesem Beitrag die Parameterbereiche analysiert, in denen Driftwellen destabilisiert sind und die Anforderungen an die Staubkomponente diskutiert, die zu meßbaren Veränderungen an der Dispersion und Stabilität der Driftwelle führen.

P 7.38 Mo 16:30 Poster A

**Plasmaquellen und Plasmacharakterisierung im Experiment DUSTWHEEL** — ●FRANKO GREINER, SASCHA KNIST und ALEXANDER PIEL — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität Kiel, 24098 Kiel

Im Rahmen des SFB-TR24 Projekts "Dynamics of magnetized dusty plasmas" wurde das Experiment DUSTWHEEL aufgebaut. Dustwheel besteht im wesentlichen aus einem 1 m langen Solenoid mit einer Bohrung von 30 cm und einer elektrischen Leistung von 500kW. Auf der Achse des Magneten können Magnetfelder von bis zu 0.7 Tesla erzeugt werden. Ziel der Experimente ist die Untersuchung des Einflusses von Staub auf eine magnetisierte Plasmasäule. Da die Schwerkraft für Staubteilchen in Plasmen ein wichtiger Parameter ist, der zum Beispiel zur Sedimentation oder zu Strömungsvorgängen führt, kann das Magnetfeld in DUSTWHEEL in einem beliebigem Winkel zur Erdanziehung eingestellt werden [1]. Es muss ein Plasma erzeugt werden, das einerseits kalt und dünn ist, andererseits aber Driftwellendynamik zeigt. In diesem Beitrag stellen wir die Ergebnisse von Messungen mit Langmuirsonden für verschiedenen Plasmaquellen vor. Untersucht werden sowohl die Gleichgewichtsprofile als auch die Fluktuationendynamik. Die Optimierung zielt auf Zustände bei möglichst niedrigem Gasdruck, in denen sowohl eine spontane Driftwellenanregung erfolgt als auch ein Staubeinschluss möglich ist. Zudem soll ein Kontrollparameter gefunden werden mit dem Driftwellen im DUSTWHEEL ins Chaos getrieben werden können. [1] <http://www.youtube.com/watch?v=8CsRgORkHxw>

P 7.39 Mo 16:30 Poster A

**Density profile of strongly correlated spherical Yukawa plasmas** — ●CHRISTIAN HENNING<sup>1</sup>, MICHAEL BONITZ<sup>1</sup>, ALEXANDER PIEL<sup>2</sup>, PATRICK LUDWIG<sup>1,3</sup>, HENNING BAUMGARTNER<sup>1</sup>, and VOLODYMYR GOLUBNICHYI<sup>1</sup> — <sup>1</sup>CAU zu Kiel, ITAP, D-24118 Kiel — <sup>2</sup>CAU zu Kiel, IEAP, D-24118 Kiel — <sup>3</sup>Universität Rostock, Institut für Physik, D-18051 Rostock

Recently the discovery of 3D dust crystals, so-called "Yukawa balls" [1], excited intensive experimental and theoretical activities. The shell

structure of these crystals, including details of the shell radii and the particle distribution over the shells has been very well explained theoretically by a simple model involving an isotropic Yukawa-type pair repulsion and an external harmonic confinement potential [2]. So far an open question is the average particle distribution, i.e. how does the radial density profile look like. It is well known that in the case of Coulomb interacting particles in a harmonic potential the answer is given by a constant density. Here, we extend this analysis to a plasma with Yukawa interacting particles. We show that screening has a dramatic effect on the density profile, which we derive analytically for the ground state in meanfield approximation [3]. Interestingly the result applies not only to a continuous plasma distribution but also agrees well with simulation data for the Yukawa crystals exhibiting the above mentioned shell structure.

- [1] O. Arp et al., Phys. Rev. Lett. 93, 165004 (2004)
- [2] M. Bonitz et al., Phys. Rev. Lett. 96, 075001 (2006)
- [3] C. Henning et al., Phys. Rev. E 74, 056403 (2006)

P 7.40 Mo 16:30 Poster A

**Melting criteria for mesoscopic Yukawa crystals** — ●HENNING BAUMGARTNER, VOLODYMYR GOLUBNICHYI, ALEXEI FILINOV, and MICHAEL BONITZ — Institute for Theoretical Physics and Astrophysics, University Kiel, Leibnizstr. 15, 24118 Kiel

Dust crystals in a trap, so called "Yukawa Balls", are of great interest due to the easy observation and study of strong correlation phenomena in experiment[1] and simulation[2]. We analyze finite temperature effects on shell widths, populations[3] and symmetry of mesoscopic clusters with Monte-Carlo simulations. For the transition point different criteria are compared. Relative distance fluctuations, radial and angular fluctuations and Voronoi symmetry parameters are analyzed with respect to their sensitivity to melting in these systems. The critical coupling constants for phase transitions are studied for different screenings and are compared with 2-d finite and macroscopic as well as 3-d[4] results.

- [1] O. Arp, D. Block, A. Piel, and A. Melzer, Phys. Rev. Lett. 93, 165004(2004)
- [2] V. Golubnychiy, H. Baumgartner, M. Bonitz, A. Filinov, and H. Fehske, J. Phys. A: Math. Gen. 39, 4527(2006)
- [3] H. Baumgartner, H. Köhlert, V. Golubnychiy, C. Henning, S. Käding, A. Melzer, and M. Bonitz, accepted for publication in Contrib. to Plasma Phys. (2007)
- [4] J.P. Schiffer, Phys. Rev. Lett. 88, 205003(2002)

P 7.41 Mo 16:30 Poster A

**Structural transitions in screened 3D Coulomb crystals** — ●DANIEL ASMUS<sup>1</sup>, VOLODYMYR GOLUBNICHYI<sup>1</sup>, PATRICK LUDWIG<sup>1,2</sup>,

and MICHAEL BONITZ<sup>1</sup> — <sup>1</sup>CAU zu Kiel, ITAP, Leibnizstrasse 15, D-24098 Kiel — <sup>2</sup>Universität Rostock, Institut für Physik, Universitätsplatz 3, D-18051 Rostock

Recent experimental [1] and theoretical [2,3] work has shown that a classical one-component plasma in a 3D parabolic trap undergoes in the strong coupling limit a transition to a highly ordered crystalline state with a nested shell structure. In the case of pure Coulomb interaction a Mendeleev-type table was found including characteristic occupation numbers, shell closures, and unusual stable "magic" configurations, see Ref. [2,3]. Here we extend this work to the more general case of a statically screened Coulomb interaction which explains the experimental observations [4]. We present a detailed analysis of the shell configurations and energies of the ground and lowest metastable states for a large range of screening parameters  $\kappa$  and particle numbers  $N \leq 60$ . Interestingly, for certain values of  $\kappa$  and  $N$ , reentrant shell filling behavior and triple points are observed. The structural transitions of the spherical Yukawa crystals have been analysed by means of extensive high-accuracy molecular dynamics computer simulations based on an optimized annealing algorithm.

- [1] O. Arp et al., Phys. Rev. Lett. **93**, 165004 (2004).
- [2] R.W. Hasse, V.V. Avilov, Phys. Rev. A **44**, 4506 (1991).
- [3] P. Ludwig et al., Phys. Rev. E **71**, 046403 (2005)
- [4] M. Bonitz et al., Phys. Rev. Lett. **96**, 075001 (2006)

P 7.42 Mo 16:30 Poster A

**Normal modes of spherical dust clusters** — ●YURIY IVANOV<sup>1</sup>, PATRICK LUDWIG<sup>2</sup>, ANDRE MELZER<sup>1</sup>, ALEXEI FILINOV<sup>2</sup>, and MICHAEL BONITZ<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Inst. für Physik der EMAU Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 6, 17489 Greifswald — <sup>2</sup>ITPA der CAU Kiel, Leibnizstrasse 15, 24098 Kiel

Finite dust clusters are strongly coupled systems which allow to investigate small scale dynamics similar to the phonons in solid state. Finite systems make it possible to investigate the dynamics of individual particles on kinetic level with very high precision. We investigate the dynamics of spherical dust clusters, so-called "Yukawa Balls", from experiment and from simulation. The experimental Yukawa Balls have been created in an argon rf-discharge in a confinement potential, created by an upward thermophoretic force and a horizontal force due to dielectric glass walls. Simulations have been performed in the frame of the molecular dynamics with a symmetrical confinement potential. To extract the dynamical features of experimental and simulated systems Normal Mode Analysis has been implemented. The experimental and simulation results yield the most important parameters of finite crystals, like the particle charge and the confinement potential, which have been compared between each other.