

## P 10: Poster Session- Dusty Plasmas

Time: Tuesday 16:30–19:00

Location: Empore Lichthof

P 10.1 Tue 16:30 Empore Lichthof

**Pressure dependence for crystallization of an complex plasma under laboratory conditions** — BENJAMIN STEINMÜLLER, CHRISTOPHER DIETZ, and ●MARKUS H THOMA — Justus-Liebig-Universität, Gießen, Deutschland

The influence of neutral gas pressure for crystallization of huge three dimensional complex plasmas under laboratory conditions is investigated. The experiments were performed in a parallel plated radio frequency chamber with a diameter of about 15 cm. For analysis of the phase transition the pair correlation as well as a criteria based on the Bond Order parameters are applied. The crystallization of a complex plasma under gravity conditions shows a strong neutral pressure dependence. At low pressure a two stream instability occurs, while at medium pressures the complex plasma is highly ordered (crystallized). A further increase of the neutral pressure leads to disordering (melting), starting from the upper part and proceeds downwards.

P 10.2 Tue 16:30 Empore Lichthof

**Normalmoden von finiten Clustern mit Ionenfokus** — ●ANDRÉ MELZER — Institut für Physik, Universität Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 6, 17489 Greifswald

Die Dynamik eines Systems von Staubpartikeln, die in der Plasmarandschicht gefangen sind, ist häufig bestimmt oder beeinflusst vom Ionenfokus, der sich durch den Ionenstrom in der Randschicht stromabwärts eines jeden Teilchens ausbildet. Der Ionenfokus kann zwei Arten von Instabilitäten treiben, die sog. Schweigert-Instabilität in mehrlagigen Systemen und die Modenkopplungsinstabilität, die schon in einlagigen Systemen auftritt.

Hier soll nun untersucht werden, unter welchen Bedingungen finite Ensembles von Staubteilchen (Cluster) Instabilitäten aufweisen und welche Arten von Instabilitäten angeregt werden.

P 10.3 Tue 16:30 Empore Lichthof

**Einbringung und Untersuchung von Nanopartikeln in RF-Entladungen** — ●HARALD KRÜGER, CARSTEN KILLER und ANDRÉ MELZER — Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald

Nanoskalige Staubpartikel aus Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) können in RF-Entladungen ladungsabhängige Resonanzen in der Mie-Streuung aufweisen [1]. Das Einbringen von Staub im Submikrometerbereich in die RF-Entladung stellt dabei aufgrund der Verklumpung der Partikel und der geringen Masse der einzelnen Partikel eine Herausforderung dar. Hierzu wurde eine Methode entwickelt, bei der der Staub durch eine externe Zuführung mit kontrollierten Gasströmen durch eine Düse in die Entladung eingebracht wird. Dies ermöglicht einerseits die Zerstäubung größerer Klumpen und verhindert andererseits das direkte Absaugen des feinen Staubpulvers aus herkömmlichen Dispensoren.

Zur späteren Untersuchung der Teilchenladung wird zunächst die Größenverteilung der verwendeten polydispersen Staubpartikel untersucht. Anhand der charakteristischen Winkelabhängigkeit der Mie-Streuung wird die Größe der Partikel des Systems bestimmt [2].

[1] R. L. Heinisch, F.X. Bronold and H. Fehske, Phys. Rev. Lett. **109**, 243903 (2012)

[2] C. Killer, M. Mulsow and A. Melzer, Plasma Sources Sci. Technol. **24** (2015) 025029

P 10.4 Tue 16:30 Empore Lichthof

**Binäre Mischungen in Komplexen Plasmen** — ●FRANK WIEBEN und DIETMAR BLOCK — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität, Leibnizstr. 19, 24098 Kiel

Komplexe Plasmen eignen sich hervorragend als Modellsystem für starke Kopplung. In bisherigen Experimenten wurden dazu jedoch hauptsächlich monodisperse Partikel verwendet. Ein erster und wichtiger Schritt auf dem Weg zu polydispersen Systemen ist die Erzeugung und Untersuchung von binären Systemen. Dieser Tagungsbeitrag stellt erste Experimente mit zweidimensionalen binären Plasmakristallen vor, die aus zwei Partikelspezies mit unterschiedlichen Radien bestehen. Eine Voraussetzung für das Erzeugen solcher binären Mischungen sind gleiche Ladung-zu-Masse-Verhältnisse  $q/m$ . Dies kann durch die Kombination von sphärischen Partikeln mit unterschiedlichen Radien und Massendichten erreicht werden. Um Aussagen über mögliche Partikelkombinationen und die zeitliche Stabilität der Systeme treffen zu

können, werden die relativen  $q/m$ -Verhältnisse zweier Partikelspezies mithilfe der phasenaufgelösten Resonanzmethode ermittelt. Ferner wird die Struktur und (Thermo-) Dynamik sowohl finiter, als auch ausgedehnter binärer Kristalle analysiert und mit Simulationen verglichen. Die Arbeiten wurden von der DFG im Rahmen des SFB-TR24 Projekt A3b gefördert.

P 10.5 Tue 16:30 Empore Lichthof

**Lasermanipulation von Staubteilchen in starken Magnetfeldern am MDPX** — ●MARIAN PUTTSCHER<sup>1</sup>, ANDRÉ MELZER<sup>1</sup>, SPENCER LEBLANC<sup>2</sup>, BRIAN LYNCH<sup>2</sup> und EDWARD THOMAS<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Universität Greifswald, Deutschland — <sup>2</sup>Universität Auburn, AL, USA

Das MDPX (Magnetized Dusty Plasma eXperiment) der Universität Auburn, AL, USA, ist eine experimentelle Anlage, die es erlaubt, (staubige) Plasmen in sehr starken Magnetfeldern (bis  $B=4\text{T}$ ) zu untersuchen. Mit diesem Beitrag werden experimentelle Resultate gezeigt, die im Rahmen einer 5-tägigen Messkampagne gewonnen wurden.

In vorangegangenen Experimenten [1] wurde ein feines Metallgitter als obere Elektrode verwendet. Bei genügend hoher vertikaler Magnetfeldstärke zeigte sich, dass die Staubpartikel, welche in der unteren Randschicht eingefangen werden, in ihrer Anordnung das obere Metallgitter abbilden. In den hier präsentierten Experimenten wurden die auf diese Art angeordneten Staubteilchen mit Hilfe eines starken schmalen Laserstrahls seitlich angeschossen und die horizontale sowie vertikale Reaktion der Teilchen studiert. Dabei wurden Magnetfeldstärke, Neutralgasdruck und die Ausgangsleistung des Lasers variiert.

[1] Thomas et al., Phys. Plasmas **22**, 030701 (2015)

P 10.6 Tue 16:30 Empore Lichthof

**Untersuchung kinetischer Effekte in nichtlinearen Staubdichtewellen** — ●STEFAN SCHÜTT, TIM BOCKWOLDT und ALEXANDER PIEL — IEAP, Christian-Albrechts-Universität, 24098 Kiel

In staubigen Plasmen kommt es bei ausreichend hoher Staubdichte unterhalb eines kritischen Neutralgasdrucks zur Ausbildung von selbst-erregten „dust density waves“ (DDWs). Die große Masse der mikrometergroßen Staubpartikel führt zu typischen Frequenzen der DDWs von etwa 10 Hz. Moderne Hochgeschwindigkeitskameras erlauben die zweidimensionale Verfolgung der Trajektorien einzelner Partikel und die Rekonstruktion des Phasenraums der DDW, ohne dass Tracerpartikel [1] verwendet werden müssen. Während die Gravitation unter Laborbedingungen einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf die Partikel ausübt, lassen sich unter Schwerelosigkeitsbedingungen ausgedehnte, dreidimensionale Staubwolken erzeugen und DDWs über mehrere Wellenlängen beobachten. Auf Parabelflügen wurden im Volumen einer Hochfrequenzentladung stark nichtlineare DDWs mit breiten Wellenbergen beobachtet. Diese weisen eine große Zahl von Partikeln auf, die über lange Zeitabschnitte im Wellenberg gefangen sind und sich nahezu mit der Ausbreitungsgeschwindigkeit der DDW bewegen. Mittels stroboskopischer Analyse wurden unter anderem Phasenräume dieser Wellen rekonstruiert. In diesem Beitrag werden die Methodik sowie die gefundenen kinetischen Effekte wie der Einfluss starker Kopplung vorgestellt. Die Ergebnisse werden mit DDWs unter anderen Bedingungen verglichen. Gefördert vom DLR unter 50WM1539.

[1] M. Himpel et al., Phys. Plasmas **19**, 123704 (2012)

P 10.7 Tue 16:30 Empore Lichthof

**On the wake structure in a flowing magnetized plasma** — ●SITA SUNDAR, HANNO KAEHLERT, PATRICK LUDWIG, and MICHAEL BONITZ — Christian-Albrechts-Universität Kiel

Dynamical screening and wake effects in complex plasmas have been the subject of many early investigations, including experimental [1] as well as theoretical work [2]. However, it was shown using Linear Response (LR) theory [3] that the characteristic features of the wake potential are qualitatively different in the presence of magnetic field. Here, the electrostatic potential of a dust grain in a flowing magnetized plasma is computed using the 3D parallel PIC Code ‘COPTIC’ [4]. In addition to the magnetic field, the system takes into account the effect of ion-neutral collisions. We compare our numerical results with the wake potential obtained from the LR formalism for magnetized as well as unmagnetized cases. We discuss the physics of distribution function, flux etc. around the grain and present a parametric study

of magnetization vs. wake peak position, peak potential etc. for the magnetized streaming plasmas.

## References

- [1] U Konopka, G E Morfill and L Ratke Phys. Rev. Lett. 84, 891-4 (2000).  
 [2] M Lampe, G Joyce, G Ganguli and V Gavrilshchaka Phys. Plasmas 7, 3851-61 (2000).  
 [3] J-P Joost, P Ludwig, H Kaehlert, C Arran and M Bonitz Plasma Phys. Control. Fusion 57, 0125004 (2015).  
 [4] I H Hutchinson Phys. Plasmas 18, 032111 (2011).

P 10.8 Tue 16:30 Empore Lichthof

**Rotation of finite dust clusters** — •DIETMAR BLOCK, FRANK WIEBEN, and JAN SCHABLINSKI — IEAP der CAU Kiel

Finite dust clusters require a suitable confinement potential which is usually realized by radial electric fields in 2D and a sophisticated mixture of forces in 3D. For small clusters the assumption of a parabolic confinement potential is well justified. However, this is only an approximation and especially small asymmetries in the experimental setup easily result in an elliptical deformation of the confinement. By means of experiments and MD-simulations we have systematically studied the influence of such an asymmetry on cluster rotation for 2D systems. In a second set of experiments we have studied these processes for 3D-clusters. This contribution compares the dynamic processes observed in both systems. Special attention is paid to collective effects in strongly coupled systems.

P 10.9 Tue 16:30 Empore Lichthof

**Observation of Dust Particles in the Plasma Sheath of a Strongly Magnetized Plasma** — •HENDRIK JUNG, FRANKO GREINER, and ALEXANDER PIEL — Christian-Albrechts-Universität, Kiel, Germany

The arrangement and interaction of charged dust particles in the plasma sheath of a capacitively coupled rf discharge is influenced by many factors, e.g., the sheath electric field, friction, and wind forces. A special issue is the formation of ion wakes, positive space charge areas that occur due to the focusing of the streaming ions by the negatively charged dust grains. The measurement of the spatial structure of the wake downstream of a particle relies on high-precision techniques as e.g. the phase-resolved resonance method [Jung et al., PoP 22, 053702 (2015)]. Dust in plasmas with high magnetic fields ( $B > 1.5$  T) is a major topic in dusty plasma physics. The limited cross field motion of the electrons as well as the ions has substantial impact on the plasma and accordingly on the charging, arrangement, and interaction of the dust. In addition, the magnetic field induces further perturbations as oscillations of particles, the formation of filaments, or ion-driven rotations of the neutral gas column. These disturbances of the particle position impede a high-precision study of the particle system and in particular the wake effects in strong magnetic fields. Thus, systematic investigations of the effects are needed, i.e., their specific influence on the dust and a measurement of the parameter regime of their occurrence.

This work was funded by DFG under contract SFB TR-24/A2.

P 10.10 Tue 16:30 Empore Lichthof

**Optical Methods for in-situ Size Determination of Dust** — •OGUZ HAN ASNAZ, FRANKO GREINER, and ALEXANDER PIEL — Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

In many applications in the field of dusty plasmas, knowledge of the particle radius is needed. Manufacturer's data are often used for micro-dust, but ex-situ TEM measurements have shown smaller particle radii than expected [1]. Processes in plasmas can produce further systematic errors by degassing of water or etching processes [2]. Thus an in-situ determination of the particle radius is needed. So far such measurements can only be performed indirectly by determining the particle mass, which shows a further dependency on the particle mass density. Therefore a change in mass can indicate a change in either mass density or radius. In this contribution optical methods are presented, where the particle radius is determined directly by optical imaging and measurements of the scattering or diffraction patterns.

This work was funded by the DFG within the SFB-TR24, project A2.

- [1] B. Liu *et al.*, Phys. Plasmas **10**, 9 (2003)  
 [2] J. Carstensen *et al.*, Phys. Plasmas **18**, 033701 (2011)

P 10.11 Tue 16:30 Empore Lichthof

**Laserpinzette für staubige Plasmen: Partikelmanipulation und dynamische Anregung von Staub-Clustern** — •JAN SCHABLINSKI, FRANK WIEBEN und DIETMAR BLOCK — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Leibnizstraße 19, 24098 Kiel

Mit der experimentellen Realisierung einer optischen Falle für staubige Plasmen –unter Ausnutzung der elektrischen Feldkräfte in der Plasmarandschicht zur Kompensation des Strahlungsdrucks eines Laserstrahls– steht uns ein vielseitiges Werkzeug zur Manipulation von einzelnen Mikropartikeln sowie einer statischen und dynamischen Anregung von zweidimensionalen Staubsystemen in einem Plasma zur Verfügung. Dieser Beitrag stellt die Laserpinzette des Kieler LaMa-Experiments vor und zeigt zwei Anwendungsbeispiele. Zum einen wird die Möglichkeit einer selektiven Anregung einzelner topologisch ähnlicher Moden in finiten Staub-Clustern demonstriert. Zum anderen werden die Auswirkungen intensiver Laserbestrahlung von Mikropartikeln auf deren Eigenschaften im Detail untersucht. Letzteres ermöglicht darüber hinaus die Wechselwirkung von Partikeln mit dem umgebenden Plasma zu analysieren.

P 10.12 Tue 16:30 Empore Lichthof

**Mass spectrometric measurements on a nanodust forming plasma** — •ERIK VON WAHL<sup>1</sup>, SAFA LABIDI<sup>2</sup>, MAXIME MIKIKIAN<sup>2</sup>, TITAÏNA GIBERT<sup>2</sup>, and HOLGER KERSTEN<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, CAU Kiel — <sup>2</sup>GREMI, Groupe de Recherches sur l'Energétique des Milieux Ionisés, CNRS/Université d'Orléans

Understanding the growth of nanoparticles requires knowledge of chemical processes in the plasma. In a plasma ions, neutrals and radicals of dissociated species are formed. During different stages of particle growth the plasma density and electron temperature vary which affects not only the density of ions but also the dissociation of the precursor and, thereby, the chemical composition of the process gas.

In this study particle synthesis from an acetylene containing CCRF-plasma was observed for masses from 1 to 100 amu. Choosing the total gas pressure and acetylene admixture to argon allows to generate distinct particle growth cycles [1] with mono-disperse sizes of the particles, so that the growth process can be monitored in-situ by mass spectrometric investigations.

Correlating the mass spectra with electrical measurements of the selfbias voltage in combination with former studies [2] makes it possible to link the spectra directly to a particle size. In this way the importance of different chemical species during nucleation, agglomeration and accretion will be discussed.

- [1] M. Hundt et al., J. Appl. Phys. 109, 123305 (2011)  
 [2] A. M. Hinz et al., J. Phys. D: Appl. Phys. 48 055203 (2015)

P 10.13 Tue 16:30 Empore Lichthof

**Optische Tomographie in Mikro- und Nanostaubwolken** — •CARSTEN KILLER<sup>1</sup>, FRANKO GREINER<sup>2</sup>, SEBASTIAN GROTH<sup>2</sup>, BENJAMIN TADSEN<sup>2</sup>, and ANDRÉ MELZER<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald — <sup>2</sup>IEAP, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Mittels optischer Tomographie kann die 3D-Dichteverteilung in ausgedehnten Staubwolken bestimmt werden. Dazu wird aus Extinktionsmessungen die optische Tiefe der Staubwolke bestimmt, die proportional zur linienintegrierten Staubbichte ist. Aus vielen solcher Extinktionsmessungen, aufgenommen aus verschiedenen Winkeln, werden analog zur Computertomographie dreidimensionale Informationen gewonnen.

Mit diesem Verfahren können sowohl durch Wachstum im Plasma entstandene Nanostaubwolken als auch Systeme aus extern eingebrachten, mikrometer-großen Partikeln untersucht werden. Aus der zeitlichen Entwicklung der Staubbichte in beiden Systemen lassen sich Rückschlüsse über Plasma-Staub-Wechselwirkungen ziehen.