

## P 7: Poster Session - Dusty Plasmas

Zeit: Montag 16:30–18:30

Raum: Foyer Audimax

P 7.1 Mo 16:30 Foyer Audimax

**Orts-Zeit-aufgelöste Staubgrößenverteilung ausgedehnter Staubwolken in RF-Plasmen** — ●CARSTEN KILLER und ANDRÉ MELZER — Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald

Mittels thermophoretischer Levitation können große Staubwolken aus monodispersen MF-Partikeln eingefangen werden, die fast das gesamte Entladungsvolumen eines RF-Plasmas ausfüllen. Neben dem charakteristischen Void haben diese Wolken oft eine segmentierte Struktur. Zudem ändert sich die Form und Dichteverteilung der Wolken (langsam) im Laufe der Zeit. Um sowohl die Segmentierung als auch die Zeitentwicklung der Staubwolken zu untersuchen, wurde ein orts aufgelöstes Verfahren zur Bestimmung der Staubgrößen entwickelt, das auf der charakteristischen Winkel-Abhängigkeit der Mie-Streuung beruht. Durch die Messung der Streuintensitäten über einen großen Winkelbereich kann die Staubgröße sehr präzise bestimmt werden.

Es zeigt sich, dass die Segmentierung der Staubwolke eine Folge von selbstorganisierter Entmischung leicht unterschiedlicher Staubgrößen ist. Dabei bilden sich homogene Populationen, die scharf voneinander abgegrenzt sind. Weiterhin kann eine kontinuierliche Reduzierung der Staubgröße während des Einfangs im Plasma beobachtet werden. Mit Hilfe zusätzlicher Diagnostiken konnten als Ursache dieses Phänomens zum Einen das Ätzen des Staubs durch Sauerstoff-Verunreinigungen (in unserem eigentlich inerten Argon-Plasma) und zum Anderen das Ausgasen von Wasser und anderen flüchtigen Bestandteilen des Staubmaterials festgestellt werden.

P 7.2 Mo 16:30 Foyer Audimax

**Floating surface potential of spherical dust grains in magnetized plasmas** — ●DENNIE LANGE and RAINER GRAUER — Institut für Theoretische Physik I, Ruhr-Universität Bochum

The study of the charging of objects embedded in a plasma - the so called dust grains - is a classic problem of plasma physics. Due to the larger mobility of electrons dust grains are typically charged negatively. In this work the floating equilibrium surface potential of spherical dust grains of different radii in magnetized plasma environment and the potential structure of the surrounding plasma is investigated with PIC simulations. The magnetized plasma is created by overlapping the simulation-box with a homogeneous and constant magnetic field. Several magnetic field strengths with corresponding electron/ion gyration radii both greater and smaller as the grain radii and/or the Debye-length are being studied. The results are compared to the OML theory and the transition between weak and full magnetized plasma is considered and modelled.

P 7.3 Mo 16:30 Foyer Audimax

**Wakefields, Normalmoden und Informationsentropie in staubigen Plasmen** — ●ANDRÉ MELZER, MATTHIAS MÜLSOW, MARIAN PUTTSCHER, MICHAEL HIMPEL und CARSTEN KILLER — Institut für Physik, Universität Greifswald

In der Randschicht von Entladungen lassen sich mehrlagige Staubsysteme im Gleichgewicht von elektrischer Feldkraft und Gravitation einfangen. Die Dynamik dieser mehrlagigen Staubsysteme ist maßgeblich durch sog. Wakefields beeinflusst. Diese Wakefields entstehen durch die Wechselwirkung der durch die Randschicht strömenden Ionen mit den Staubpartikeln. Sie führen zu nicht-reziproken anziehenden Kräften, die zu Instabilitäten des Staubsystems führen.

In diesem Beitrag wird die Rolle der Wakefields auf die Normalmoden des Staubsystems untersucht. Mit Hilfe der Informationsentropie lassen sich Ursachen der Instabilitäten identifizieren.

P 7.4 Mo 16:30 Foyer Audimax

**Pressure Dependency and Structural Analysis of Plasma Crystals under Laboratory Conditions** — ●CHRISTOPHER DIETZ, BENJAMIN STEINMÜLLER, and MARKUS THOMA — I. Physikalisches Institut, JLU Gießen

Crystallization of extended 3D plasma crystals has been investigated mostly under microgravity conditions, while exhaustive research under laboratory conditions is difficult.

We are able to generate large 3D plasma crystals under these conditions. To study the pressure dependence of the crystallization, a wide variety of structural analysis methods are applied. Especially bond-

orientational-order parameters, although recently criticized, are commonly used. A lately proposed method (Minkowski structure metric) avoids many of the shortcomings of bond-orientational-order parameters and is comparable to previously used analyses.

P 7.5 Mo 16:30 Foyer Audimax

**Optical Tweezer für Komplexe Plasmen** — ●FRANK WIEBEN, JAN SCHABLINSKI und DIETMAR BLOCK — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität Kiel, Leibnizstr. 19, 24098 Kiel

Komplexe Plasmen haben wesentlich dazu beigetragen die Physik von stark korrelierten Systemen besser zu verstehen. Der Schlüssel hierfür war, dass man Struktur und Dynamik in komplexen Plasmen durch simultane Beobachtung aller Partikel und ihrer Trajektorien studieren kann. Folglich hofft man, dass die Kontrolle von Struktur und Dynamik einzelner Partikel in komplexen Plasmen ebenfalls ganz neue Möglichkeiten eröffnen wird. Dieser Beitrag stellt Experimente vor, die zeigen, dass es mit einer modifizierten optischen Pinzette (Optical Tweezer) möglich ist, einzelne Partikel einzufangen, zu bewegen und auf diese Weise die Struktur und die Dynamik von Partikelsystemen gezielt zu manipulieren. Ein besonderes Augenmerk liegt hierbei auf der Funktionsweise des Tweezers, die sich von klassischen optischen Pinzetten unterscheidet. Die Arbeiten wurden von der DFG im Rahmen des SFB-TR24 Projekt A3b gefördert.

P 7.6 Mo 16:30 Foyer Audimax

**Optische Emissionsspektroskopie am partikelbildenden Plasma** — ●ERIK VON WAHL<sup>1</sup>, SAFA LABIDI<sup>2</sup>, JEAN FRANÇOIS LAGRANGE<sup>2</sup>, MAXIME MIKIKIAN<sup>2</sup>, TITAÏNA GIBERT<sup>2</sup> und 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

Mithilfe der optischen Emissionsspektroskopie können molekulare und atomare Spezies eines Plasmas in-situ nachgewiesen werden. Dies ist insbesondere zur Erforschung von Partikelzeugung und -wachstum von Interesse, wo chemische Prozesse während der Polymerisation eine große Rolle spielen.

In dieser Studie wurde ein precursorhaltiges Plasma in einer RF-Parallelplattenentladung orts- und zeitaufgelöst spektroskopisch untersucht. Der Reaktor wurde im Push-Pull-Modus bei 1,2 bis 2,0 mbar in Argon betrieben. Der Precursor gelangt durch Zerstäubung von Melaminformaldehyd in die Gasphase, wo er Staub bildet und durch einen Laser sichtbar gemacht wird.

Vom Zünden des Plasmas über das Erscheinen der Partikel im Laserstrahl bis zu ihrem Verschwinden wurden in einem vertikalen Schnitt durch die Entladung die Intensitäten emittierten Lichtes der Moleküle CN, C<sub>2</sub>, CH, CO und Ar aufgezeichnet. Das örtliche und zeitliche Verhalten dieser Spektrallinien gestattet Rückschlüsse auf die Konzentration der jeweiligen Spezies und auf die Elektronentemperatur des Plasmas.

P 7.7 Mo 16:30 Foyer Audimax

**Viscosity of confined two-dimensional Yukawa-Liquids** — ●STEFAN LANDMANN<sup>1</sup>, HANNO KÄHLERT<sup>2</sup>, HAUKE THOMSEN<sup>2</sup>, and MICHAEL BONITZ<sup>2</sup> — <sup>1</sup>ITP, Universität Leipzig — <sup>2</sup>ITAP, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Complex plasmas present an excellent system for the study of strongly coupled plasmas since the dust particles typically possess a high negative charge. In many cases their interaction can be modeled by a Yukawa potential. The transport properties of Yukawa liquids, such as diffusion or viscosity, have been studied both experimentally and theoretically.

Here, a nonequilibrium molecular dynamics simulation method is used to determine the viscosity of a two dimensional Yukawa liquid in an isotropic confinement, extending previous simulations for the heat transport [1]. The proposed method is simple but able to reproduce the minimum of the viscosity as a function of the coupling parameter, which was found in previous publications for macroscopic systems, e.g. [2]. The simulated setup is particularly suited to be realized experimentally.

This work is supported by the DFG via SFB-TR24, project A7.

- [1] G. Kudelis, H. Thomsen, and M. Bonitz, *Phys. Plasmas* **20**, 073701 (2013)  
 [2] B. Liu and J. Goree, *Phys. Rev. Lett.* **94**, 185002 (2005)

P 7.8 Mo 16:30 Foyer Audimax

**Dust density waves in a magnetized complex plasma** — ●HANNO KÄHLERT — Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, ITAP

Dust density waves excited by streaming ions are a well-known phenomenon in complex plasmas and have been investigated in detail both experimentally and theoretically. With the superconducting magnets that are now available, it should be possible to study these waves in a regime where the ions are strongly magnetized. Theoretical calculations have already shown that strong magnetization may suppress the instability [1]. Based on an improved dielectric function, which accounts for deviations of the ion distribution function from a shifted Maxwellian, the effect of ion magnetization on the propagation of dust density waves is further explored. In the unmagnetized limit, comparisons with results using a shifted Maxwellian [2] are presented. This work is supported by the DFG via SFB-TR24, project A7.

- [1] M. Rosenberg and P. K. Shukla, *J. Plasma Physics* **70**, 317 (2004)  
 [2] M. Rosenberg, *J. Vac. Sci. Technol. A* **14**, 631 (1996); A. Piel *et al.*, *Phys. Rev. E* **77**, 026407 (2008)

P 7.9 Mo 16:30 Foyer Audimax

**Vollständige Überprüfung der Epstein'schen Reibungstheorie bei staubigen Plasmen** — ●OGUZ HAN ASNAZ, HENDRIK JUNG, FRANKO GREINER and ALEXANDER PIEL — IEAP, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Die Epstein'sche Reibungstheorie [1] wird häufig zur Beschreibung der Reibung von Staubpartikeln am Neutralgas in Plasmen verwendet. Die Proportionalität des Gasreibungskoeffizienten  $\gamma$  mit dem Gasdruck wurde bereits mittels phasenaufgelöster Resonanzmessungen gezeigt [2]. Mit einer statistischen Analyse von über 100 PMMA- und MF-Partikeln verschiedener Größen wird die invers proportionale Beziehung zwischen Gasreibungskoeffizienten und Partikelradius nachgewiesen. Weiterhin erlaubt diese Statistik eine genaue Bestimmung des Reflexionskoeffizienten von  $\delta = 1,44 \pm 0,05$ .

Mit der nun vollständig überprüften Gültigkeit des Ausdrucks von Epstein, lässt sich die Größe eines Partikels durch eine Resonanzmessung präzise ermitteln.

Gefördert von der DFG im Rahmen des SFB-TR24, Projekt A2.

- [1] P. S. Epstein. *Phys. Rev.* **23**, 1924.  
 [2] J. Carstensen *et al.* *IEEE Trans. Plasma Sci.* **41**, 2013.

P 7.10 Mo 16:30 Foyer Audimax

**Untersuchung der Brownschen Bewegung eines einzelnen Mikropartikels mit hochauflösenden Videokameras** — ●NIKLAS KOHLMANN, CHRISTIAN SCHMIDT and ALEXANDER PIEL — IEAP, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Für die Messung einer aussagekräftigen kinetischen Temperatur der Brownschen Bewegung ist eine ausreichend hohe zeitliche wie räumliche Auflösung der Trajektorie notwendig [1]. Daher wird ein einzelner MF Mikropartikel über einer positiv vorgespannten "Pixel"-Elektrode, die in die untere Elektrode einer RF Parallelplattenentladung eingebettet ist und über der sich ein anodisches Plasma ausbildet, eingeschlossen. Es werden zwei unterschiedliche hochauflösende Videokameras eingesetzt, um die Brownsche Bewegung des Mikropartikels zu beobachten. Zur Bestimmung der kinetischen Temperatur, der Eigen- und Reibungsfrequenz werden das mean square displacement (MSD), sowie die Geschwindigkeiten und ihr Fourierspektrum betrachtet. Es wird das MSD Verfahren nach Wang und Uhlenbeck [2] diskutiert und die Konsistenz zu anderen Methoden gezeigt. Es stellte sich heraus, dass die kinetische Temperatur immer über Raumtemperatur liegt. Weiter hat ein Vergleich zwischen den Kamerasystemen gezeigt, dass eine verringerte Ortsauflösung zu systematisch höheren Temperaturen

führt.

Gefördert durch SFB-TR24/A2

- [1] Li und Raizen, *Ann. Phys.* **525**, 281 (2013)  
 [2] Wang und Uhlenbeck, *Rev. Mod. Phys.* **17**, 323 (1945)

P 7.11 Mo 16:30 Foyer Audimax

**Resolving phase transition in finite dust clusters** — ●HAUKE THOMSEN, PATRICK LUDWIG, and MICHAEL BONITZ — ITAP, Christian-Albrechts-Universität, Kiel, D-24098, Germany

Finite systems in confining potentials are known to undergo structural transitions similar to phase transitions. Due to their inhomogeneity, the melting process is qualitatively different from extended systems. Many melting criteria rely on precise energy measurement (heat capacity,  $c_V$ ), on the dynamics (e.g. Lindemann criterion)<sup>[1]</sup>, on critical indices or on transport properties such as diffusion<sup>[2]</sup>, that are not directly accessible in experiments. Here we present a set of parameters that involve only the particle coordinates.

In numerical simulations<sup>[3]</sup>, we sample the spatial pair-density as well as the three-particle density in suitable coordinates<sup>[4,5]</sup>. The next step is the computation of reduced entropies  $S^{(2)}$  and  $S^{(3)}$ . Their temperature behavior allows us to clearly identify radial melting, intrashell disordering as well as inter-shell angular disordering processes in spherical dust clusters. Our method is very general and not restricted to dusty plasmas. It can also be applied to other trapped systems such as quantum dots, ions in traps or atomic clusters.

References:

- [1] F. Calvo, and E. Yurtsever, *Eur. Phys. J. D* **44**, 81-91 (2007)  
 [2] H. Löwen *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **70**, 1557 (1993)  
 [3] H. Thomsen, and M. Bonitz, *Phys. Rev. E* (2014)  
 [4] P. Rehmus *et al.*, *Chem. Phys. Lett.* **58**, 321 (1978)  
 [5] H. Thomsen *et al.*, *J. Phys. D: Appl. Phys* **47** 383001 (2014)

P 7.12 Mo 16:30 Foyer Audimax

**Influence of non-Maxwellian ions on the dust potential in a flowing magnetized plasma** — ●JAN-PHILIP JOOST, PATRICK LUDWIG, HANNO KÄHLERT, and MICHAEL BONITZ — Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, ITAP

The potential of a dust particle in a complex plasma is computed from a dielectric function, which takes ion acceleration by an external electric field explicitly into account, thereby leading to a non-Maxwellian velocity distribution [1]. We consider the case of a non-magnetized plasma as well as the situation where a magnetic field is aligned with the ion flow. In comparison with previous results based on a shifted Maxwellian ion velocity distribution [2], we find that only one positive peak behind the dust grain exists while the rest of the wake potential is largely suppressed.

- [1] A. V. Ivlev, S. K. Zhdanov, S. A. Khrapak, and G. E. Morfill, *Phys. Rev. E* **71**, 016405 (2005)  
 [2] J.-P. Joost *et al.*, *Plasma Phys. Control. Fusion* **57**, 025004 (2015)

P 7.13 Mo 16:30 Foyer Audimax

**Wake structures from fluid simulations of streaming ions in a complex plasma** — ●INGMAR SCHNELL, HANNO KÄHLERT, PATRICK LUDWIG, JAN-PHILIP JOOST, and MICHAEL BONITZ — ITAP, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

We present results from numerical fluid simulations for the ion flow around a dust particle in a complex plasma. The simulations are carried out under the influence of constant electric and magnetic fields and account for ion-neutral damping. Compared to calculations based on linear response theory [1], our method includes nonlinear effects such as shadowing when multiple dust particles are in close proximity within the plasma. The resulting wake structures show a crucial dependence on the Mach number and the magnetization. For the time evolution of the three dimensional model a pseudo-spectral method was used, which will be explained in more details. This work was supported by the DFG via SFB-TR24, projects A7 and A9.

- [1] J.-P. Joost *et al.*, *Plasma Phys. Control. Fusion* **57**, 025004 (2015)