

## P 20: Poster Session - Dusty Plasmas

Time: Wednesday 16:30–18:30

Location: SPA Foyer

P 20.1 Wed 16:30 SPA Foyer

**Kontrolle von Struktur und Dynamik staubiger Plasmen** — ●DIETMAR BLOCK, FRANK WIEBEN und JAN SCHABLINSKI — IEAP der CAU Kiel, Leibnizstr. 19, 24118 Kiel

Staubige Plasmen zeichnen sich dadurch aus, dass die Dynamik einzelner Partikel mit hoher Auflösung studiert werden kann. Kollektive Phänomene können so auf mikroskopischer Skala in stark gekoppelten Systemen untersucht werden. In den letzten Jahren wurden verstärkt Bemühungen unternommen, die Anregung von dynamischen Prozessen zu optimieren. Die meisten Verfahren hierzu basieren auf einer kollektiven Anregung mehrerer bzw. vieler Partikel. In diesem Beitrag wird eine Methode vorgestellt, die es erlaubt, mit Hilfe von Lasern die Kontrolle über die Dynamik einzelner Partikel zu erlangen.

P 20.2 Wed 16:30 SPA Foyer

**Finite Staub-Cluster unter verschiedener Wechselwirkung** — ●ANDRE MELZER, ANDRE SCHELLA, MATTHIAS MULSOW und MARIAN PUTTSCHER — Institut für Physik, Universität Greifswald

Die Wechselwirkung von Partikeln in staubigen Plasmen wird häufig mit einer abgeschirmten elektrostatischen Debye-Hückel-(Yukawa)-Abstoßung beschrieben. In Situationen mit strömenden Ionen kommen noch sog. Wakefield-Effekte dazu, bei denen die Ionen eine positive Raumladung mit (nicht-reziproker) anziehender Wechselwirkung hervorrufen. Daneben ist es aber auch möglich, durch Verwendung paramagnetischer Teilchen in Magnetfeldern Dipolkräfte zu erzeugen. Der Einfluß dieser verschiedenen Wechselwirkungsgesetze auf die Struktur und Dynamik von finiten Staubsystemen soll hier in Simulation und Experiment dargestellt werden.

P 20.3 Wed 16:30 SPA Foyer

**Stereoskopische Beobachtung der Brownschen Bewegung einzelner Mikropartikel** — ●CHRISTIAN SCHMIDT und ALEXANDER PIEL — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität Kiel, Leibnizstraße 19, 24098 Kiel, Germany

Die dreidimensionale Brownsche Bewegung einzelner Mikropartikel wird mit drei senkrecht zueinander angeordneten Kameras beobachtet, um Wechselwirkungen zwischen dem Partikel mit seiner Plasmaumgebung zu untersuchen. Das Partikel wird dabei oberhalb einer positiv vorgespannten \*Pixel\*-Elektrode eingefangen, vor der sich ein anodisches Plasma ausbildet und die in die untere Elektrode der Parallelplatten-Hochfrequenz-Entladung integriert ist. Für eine genauere Analyse der Zufallsbewegung des Partikels wird dessen dreidimensionale Geschwindigkeits- und Ortsverteilungsfunktion betrachtet. Die systematischen Fehler für die Bestimmung der korrekten kinetischen Partikeltemperaturen werden diskutiert und mit Langevin MD Simulationen verglichen. Es wird ebenfalls gezeigt, dass die Eigenfrequenzen der Potentialfalle aus der Ortsverteilungsfunktion berechnet werden können und mit den Eigenfrequenzen aus den FFT-Spektren der Geschwindigkeitskomponenten übereinstimmen.

Gefördert durch SFB TR24/A2.

P 20.4 Wed 16:30 SPA Foyer

**Oszillation eines HF-Plasmas in Anwesenheit von Staubbichtwellen unter Schwerelosigkeit** — ●TIM BOCKWOLDT und ALEXANDER PIEL — IEAP, CAU Kiel, D-24098

Werden Mikropartikel unter Schwerelosigkeitsbedingung in eine Hochfrequenz-Parallelplattenentladung injiziert, können Sie sich über das gesamte Plasmabulk verteilen. In diesem komplexen Plasma bleibt nur ein zentraler Bereich, das sogenannte Void, staubfrei. Bei ausreichend hoher Staubbichte und niedrigem Neutralgasdruck (Argon,  $p < 30$  Pa) entstehen selbsterregte Staubbichtwellen (DDWs). Abhängig von der konkreten Parameterwahl wird zusätzlich eine Oszillation des Hintergrundplasmas und der Voidkante beobachtet. Die Frequenz der DDWs ist die gleiche oder harmonisch zur Plasmaoszillation, sodass eine gegenseitige Beeinflussung und Synchronisation naheliegt. Messungen des Floatingpotentials im Entladungszentrum zeigen, dass die Elektronentemperatur moduliert ist. Simulationen zeigten, dass die Größe des Voids auch die zentrale Plasmadichte bestimmt. [1] Die Oszillation der Voidkante und damit dessen Größe ist somit eine mögliche Kopplung zwischen Plasma und Staubbichte. Die Erkenntnisse und ein Modell sollen in diesem Beitrag vorgestellt werden. Gefördert durch das DLR unter 50WM1139.

[1] V. Land & W. J. Goedheer, NJP **9**, 246 (2007)

P 20.5 Wed 16:30 SPA Foyer

**Dynamik toroidaler Staubströmungen in magnetisierten anodischen Plasmen** — ●JOCHEN WILMS, TORBEN REICHSTEIN und ALEXANDER PIEL — IEAP, CAU Kiel

In magnetisierten anodischen Plasmen ist es möglich torusförmige Staubböden einzufangen, die eine komplexe Dynamik aufweisen. Angetrieben von der Hallkomponente des Ionenwindes strömt der Staub entlang einer Kreisbahn um einen staubfreien Bereich (Void) [1]. Basierend auf experimentellen Untersuchungen in der Plasmakammer MATILDA II wurde ein hierarchisches Vielteilchenmodell entwickelt, das - in Molekulardynamik-Simulationen (MD) implementiert - eine gute Beschreibung der Beobachtungen lieferte und auch Effekte prognostizierte, die erst im Anschluss an die Simulationen im Realexperiment beobachtet wurden [2]. Im Rahmen des Wechselspiels neuer experimenteller Ergebnisse und den Simulationen wurden letztere nun um den bisher vernachlässigten Einfluss einer radialen Verscherung der Antriebskraft erweitert [3]. Dieser Beitrag zeigt und vergleicht den Einfluss dieses Effektes auf die Partikeldynamik anhand aktueller Daten des Realexperiments, als auch anhand synthetischer Daten aus den angepassten Simulationen.

Gefördert durch SFB-TR24/A2.

[1] I. Pilch et al., Phys. Plasmas **15**, 103706 (2008)[2] T. Reichstein et al., Phys. Plasmas **18**, 083705 (2011)

[3] T. Reichstein et al., in Vorbereitung

P 20.6 Wed 16:30 SPA Foyer

**Dielectric function of a partially ionized plasma in parallel electric and magnetic fields** — ●HANNO KÄHLERT, PATRICK LUDWIG, and MICHAEL BONITZ — ITAP, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

The longitudinal dielectric function of a plasma is an important quantity that determines, e.g., its eigenmodes or how efficiently it shields the potential of an embedded dust particle. Here, we compute the dielectric function for a plasma that is subject to parallel electric and magnetic fields. This situation is common for the sheath region in rf discharges, where the electric field gives rise to a finite ion flow velocity. Strong magnetic fields have now become available in several experiments [1], which is why a theoretical understanding of their effect on the plasma dynamics is highly desirable. Our derivation of the dielectric function is based on a kinetic approach, where ion-neutral collisions are treated with a BGK collision term [2]. Possible applications are discussed. This work is supported by the DFG via SFB-TR24, projects A7 and A9.

[1] M. Schwabe, U. Konopka, P. Bandyopadhyay, and G. E. Morfill, Phys. Rev. Lett. **106**, 215004 (2011); J. Carstensen, F. Greiner, and A. Piel, Phys. Rev. Lett. **109**, 135001 (2012)[2] A. V. Ivlev, S. K. Zhdanov, S. A. Khrapak, and G. E. Morfill, Phys. Rev. E **71**, 016405 (2005)

P 20.7 Wed 16:30 SPA Foyer

**Untersuchung der Partikeldynamik in Staubbichtwellen in einer HF-Randschicht mittels fluoreszierender Tracerpartikel** — ●STEFAN SCHÜTT, TIM BOCKWOLDT und ALEXANDER PIEL — IEAP, CAU Kiel, D-24098 Kiel

In der Randschicht einer Hochfrequenzentladung ist das elektrische Feld ausreichend groß um negativ geladene Mikropartikel zu levitieren. Wird der radiale Einfang zum Beispiel durch eine Küvette begrenzt, lässt sich in der Randschicht eine dreidimensionale Staubböden erzeugen. Ist in diesem, sogenannten komplexen Plasma die Staubböden hoch genug, können unterhalb eines kritischen Neutralgasdrucks (hier: Argon,  $p < 50$  Pa) selbsterregte Staubböden (DDWs) auftreten.

Die Staubböden in den Wellen ist zu hoch um die Einzelpartikeldynamik zuverlässig analysieren zu können, da das Verfolgen der Partikel von Bild zu Bild mit großen Fehlern behaftet ist. Deswegen werden in diesem Beitrag Messungen vorgestellt, in denen durch den Einsatz von fluoreszierenden Tracerpartikeln die beobachtete Staubböden reduziert wurde. Diese Technik wurde kürzlich erstmals in einem komplexen Plasma erfolgreich eingesetzt. [1] Durch eine stroboskopische Analyse kann unter anderem der Phasenraum der Welle erstellt werden und Effekte der Einzelpartikeldynamik, wie Wellenbrechen werden

zugänglich. Die Technik und die Ergebnisse sollen in diesem Beitrag vorgestellt werden. Gefördert durch DLR unter 50WM1139.

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

P 20.8 Wed 16:30 SPA Foyer

**The Triple Correlation Function of spherical dust clusters: structural analysis and phase transition** — ●HAUKE THOMSEN, PATRICK LUDWIG, and MICHAEL BONITZ — ITAP, Christian-Albrechts-Universität, Kiel, D-24098, Germany

Dust particles in a complex plasma usually accumulate a high negative charge inside a plasma which is responsible for their strong repulsive interaction and high coupling. When confined in a parabolic trap, these particles form spherical clusters with a characteristic shell structure.

In recent years the phase transition-like crossover from a crystal to a liquid-like state has attracted high interest, e.g. [1]. While the radial melting is now well understood, here we concentrate on the loss of intra-shell order. The radial pair correlation function  $\rho(r_{ij})$  is well suited for homogeneous system but has to be adapted to the spherical symmetry for finite clusters. Here, we present the Triple Correlation function (TCF) as a sensitive tool for the investigation of *intra-shell order*.

The TCF is calculated from the “bonding angles“ of three particles, a particle *triple*. This quantity is particularly well suited to investigate the orientational order within spherical cluster shells. The intra-shell bond order of Coulomb balls with several hundreds of particles shows striking similarities with a flat 2D system. At the melting region, the 30°-peak in bond order between nearest and second-nearest neighbors shows a clear drop.

[1] J. Böning et al., Phys. Rev. Lett. **100**, 113401 (2008)

P 20.9 Wed 16:30 SPA Foyer

**Kielstream, a high-performance linear response program to study plasma wakefield effects** — ●CHRISTOPHER ARRAN<sup>1</sup>, PATRICK LUDWIG<sup>2</sup>, and MICHAEL BONITZ<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Emmanuel College, Cambridge, UK — <sup>2</sup>Institut für Theoretische Physik und Astrophysik, Universität Kiel, Germany

The challenging multiscale problem inherent to studying streaming complex plasmas can efficiently be tackled by a statistical ansatz for the light plasma constituents in combination with first-principle Langevin dynamics simulations of the heavy and strongly correlated dust component [1]. Of crucial importance in this scheme is the quality of the dynamically screened Coulomb potential [2]. For this purpose, we introduce KIELSTREAM, an efficient Linear Response C++ program used for the high resolution computation of 3D plasma wake fields and the resulting electric fields. The optimization techniques used and the handling of competing numerical errors are discussed and results for the wake potential are presented for a wide range of Mach numbers and different electron to ion temperature ratios. [3]

This work is supported by the DFG via SFB-TR24, project A9 and by the DAAD RISE program.

[1] P. Ludwig et al., Plasma Phys. Contr. Fus. **54**, 045011 (2012), [2] P. Ludwig et al., New J. Phys. **14**, 053016 (2012), [3] P. Ludwig, C. Arran, and M. Bonitz, “Introduction to Streaming Complex Plasmas B: Theoretical Description of Wake Effects”, in: “Complex Plasmas: Scientific Challenges and Technological Opportunities, M. Bonitz, K. Becker, J. Lopez and H. Thomsen [Eds.], Springer (2014)

P 20.10 Wed 16:30 SPA Foyer

**Progress towards making a plasma of positrons and electrons** — EVE STENSON<sup>1</sup>, HARUHIKO SAITOH<sup>1</sup>, HOLGER NIEMANN<sup>1</sup>, NORBERT PASCHKOWSKI<sup>1</sup>, ●ÜWE HERGENHAHN<sup>1</sup>, GERRIT MARX<sup>2</sup>, LUTZ SCHWEIKHARD<sup>2</sup>, JAMES DANIELSON<sup>3</sup>, CLIFF SURKO<sup>3</sup>, CHRISTOPH HUGENSCHMIDT<sup>4</sup>, and T. SUNN PEDERSEN<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Greifswald — <sup>2</sup>Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald — <sup>3</sup>UC San Diego, CA, USA — <sup>4</sup>FRM II, TU München

Laboratory experiments on a pair plasma comprising electrons and positrons would be of huge interest for basic plasma science, numerical simulation of plasma turbulence, and astrophysics. In this project, we plan to use the NEPOMUC positron beamline at the FRM II reactor, together with plasma confinement in the magnetic field of a levitated, superconducting current loop, to make controlled experimental studies of such plasmas possible for the first time. Numerical simulations of strategies for injecting a cold positron beam into a magnetic dipole field will be presented. Plasma densities can be greatly increased by interfacing the confinement device to NEPOMUC with an efficient positron trap and accumulator. Therefore, in parallel we have started experiments on trapping and accumulating large numbers of electrons and

positrons, and will report about the use of Penning-Malmberg traps for this purpose.

P 20.11 Wed 16:30 SPA Foyer

**Dust grain potential in a flowing magnetized plasma** — ●JAN-PHILIP JOOST<sup>1</sup>, CHRISTOPHER ARRAN<sup>2</sup>, PATRICK LUDWIG<sup>1</sup>, HANNO KÄHLERT<sup>1</sup>, and MICHAEL BONITZ<sup>1</sup> — <sup>1</sup>ITAP, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel — <sup>2</sup>Emmanuel College, Cambridge, UK

We extend our previous work [1] on the wake potential in streaming plasmas and include the effect of an external magnetic field parallel to the direction of the ion flow [2]. The dielectric function accounts for a finite ion temperature, ion-neutral collisions, and the external magnetic field. Our recently introduced code ‘Kielstream’ is used for an efficient calculation of the dust potential. Increasing the magnetization of the ions, we find that the shape of the potential critically depends on the Mach number  $M$ . In the subsonic regime ( $M < 1$ ), a strong magnetization gives rise to a potential distribution that is qualitatively different from the unmagnetized limit while for  $M > 1$  the magnetic field effectively suppresses the wake field structure. This work is supported by the DFG via SFB-TR24, projects A9 and A7.

[1] P. Ludwig, W. J. Miloch, H. Kählert, and M. Bonitz, New J. Phys. **14**, 053016 (2012)

[2] S. Bhattacharjee and N. Das, Phys. Plasmas **19**, 103707 (2012); N. Salimullah et al., Phys. Plasmas **11**, 4148 (2004), and references therein

P 20.12 Wed 16:30 SPA Foyer

**2D One-Component and Binary Yukawa Systems in a Magnetic Field** — ●TORBEN OTT<sup>1,2</sup>, HARTMUT LÖWEN<sup>2</sup>, and MICHAEL BONITZ<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Christian-Albrechts-Universität Kiel, Institut für Theoretische Physik und Astrophysik — <sup>2</sup>Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Institut für Theoretische Physik II: Weiche Materie

We consider two-dimensional Yukawa systems in a perpendicular magnetic field. Computer simulations are carried out to explore the mobility (diffusivity) of one-component and charge-asymmetric binary systems. It is demonstrated that the mobility scales as the inverse of the magnetic field strength (Bohm diffusion) for strong fields. In binary systems, the ratio of the mobilities of the two species is tunable by the external magnetic field. It is furthermore shown that for large magnetic fields, the highly charged particles are practically immobile and form an effective porous matrix for the other species.

[1] T. Ott, H. Löwen, M. Bonitz, arXiv:1311.1668

P 20.13 Wed 16:30 SPA Foyer

**Investigation of Nanoparticle Growth in a Dusty Acetylene Plasma** — ●ALEXANDER HINZ<sup>1</sup>, ERIK V. WAHL<sup>2</sup>, MAIK FRÖHLICH<sup>3</sup>, THOMAS STRUNSKUS<sup>1</sup>, and HOLGER KERSTEN<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Institute for Materials Science, CAU Kiel, Germany — <sup>2</sup>Institute of Experimental and Applied Physics, CAU Kiel, Germany — <sup>3</sup>Leibniz Institute for Plasma Science and Technology Greifswald, Germany

Dusty plasmas are not only of fundamental interest but also of practical importance. Formation in plasmas is seen as a new route to prepare nanoparticles of well defined size and composition. While the particle formation in silane plasmas is well investigated it is less understood in acetylene plasmas. In particular the early stages of the particle growth are not well investigated since they are experimentally inaccessible by standard methods like Mie-Scattering. In order to get a better insight in the early stages of the particle growth a novel collection method based on neutral drag was tested. Size-distributions of the nanoparticles at different points of the growth cycle were determined exsitu and correlated with in-situ measurement of the bias voltage of the capacitively-coupled discharge plasma. Additionally, preliminary experiments employing grazing-incidence small angle X-ray scattering (GISAXS) were performed ex-situ on the collected carbonaceous nanoparticles.

P 20.14 Wed 16:30 SPA Foyer

**Selektive Modenanregung in finiten 3D Yukawa-Clustern** — ●MATTHIAS MULSOW, ANDRÉ SCHELLA und ANDRÉ MELZER — Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, 17487 Greifswald

In Niedertemperaturplasmen können mikrometergroße Partikel hoch geordnete Strukturen ausbilden. Mithilfe eines dreidimensionalen Einfangpotentials lassen sich stark gekoppelte finite Systeme erzeugen, die Yukawa-Cluster. Die Dynamik dieser kristallartigen Strukturen wurde

bisher hauptsächlich mit Normalmoden beschrieben. Dabei wird die Gesamtbewegung aus den möglichen kollektiven Schwingungsmustern der einzelnen Partikel zusammengesetzt.

Demgegenüber steht das kürzlich von Kählert und Bonitz [1] vorgeschlagene Modell, welches den Cluster als geladenen fluiden Tropfen betrachtet. Hier wird die Dynamik des Systems aus der Superposition von orthonormalen Fluidmoden gewonnen, wobei die Bewegung der einzelnen Teilchen vernachlässigt wird.

In unseren Experimenten nutzen wir zur Erzeugung des Einfangpo-

tentials eine Glasküvette. Diese besitzt leitende Ecken um den Cluster durch elektrische Felder manipulieren zu können. Unter anderem lassen sich so kollektive Grundmoden anregen, die perfekt zum Fluidmodenansatz passen. Dadurch können einerseits theoretische Vorhersagen zur Modenresonanz getestet und andererseits neuartige Manipulationsszenarios entwickelt werden um neue Erkenntnisse über die dynamischen Eigenschaften der dreidimensionalen Yukawa-Cluster zu gewinnen.

[1] H. Kählert und M. Bonitz, Phys. Rev. E 82, 036407 (2010)