

## P 11: Poster: Staubige Plasmen

Zeit: Dienstag 17:30–19:30

Raum: Foyer des IfP

P 11.1 Di 17:30 Foyer des IfP

**Dynamical Screening and Wake Effects in Spherical Dusty Plasmas** — ●PATRICK LUDWIG<sup>1</sup>, GLENN JOYCE<sup>2</sup>, MARTIN LAMPE<sup>3</sup>, and MICHAEL BONITZ<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Christian Albrechts Universität zu Kiel — <sup>2</sup>Naval Research Lab, Washington, DC — <sup>3</sup>University of Maryland, College Park, MD

Previous investigations have shown that 3D dusty plasma balls [1] can be well described by a one-component model with a static Yukawa-type pair interaction [2]. However, the multi-component plasma environment requires a systematic investigation of collective many-particle effects on the crystal formation. In particular the effect of streaming ions (i.e. a dynamically-screened Coulomb potential) can strongly influence structure and dynamics of a strongly-coupled dusty plasma.

In a plasma with ions streaming at a uniform velocity, the dust-dust potential takes the form of a wake structure, which results in attractive forces between the similarly charged dust grains [3]. Of central interest are therefore the remarkable structural and dynamical consequences for 3D plasma crystals due to the non-reciprocal forces of the wakefield. The considered simulation model comprises an accurate representation of all plasma properties, including screening, wake effects, ion and electron thermal effects, Landau damping, as well as collisional damping.

- [1] Arp et al., Phys. Rev. Lett. 93, 165004 (2004)
- [2] Bonitz et al., Phys. Rev. Lett. 96, 075001 (2006)
- [3] Lampe et al., Phys. Plasmas 7, 3851 (2000)

P 11.2 Di 17:30 Foyer des IfP

**Short-time behavior of spherical plasma crystals** — ●HANNO KÄHLERT and MICHAEL BONITZ — Institut für Theoretische Physik und Astrophysik, Christian-Albrechts Universität zu Kiel, 24098 Kiel

Strongly coupled charged particles in external confinement potentials are of high interest in many fields, e.g. laser-cooled ions or dusty plasmas. Here we investigate spherical dust crystals, so-called Yukawa balls [1], by means of Langevin dynamics (LD) simulations. In contrast to confined ions the motion of dust particles occurs on a 'macroscopic' timescale which makes these systems an ideal subject for studying dynamical quantities on short time-scales and in the strong coupling limit. The analysis is based on a simple model which was shown to accurately describe the experiments [2].

The results from our LD simulations reveal an interesting behavior for the time evolution of the kinetic energy after the particles are released in the confinement potential [3], strongly dependent on the friction coefficient. Other quantities of interest are the evolution of the velocity distribution function and the time-dependent radial density profile.

- [1] O. Arp et al., Physical Review Letters **93**, 165004 (2004)
- [2] M. Bonitz et al., Physical Review Letters **96**, 075001 (2006)
- [3] H. Kählert et al., Physical Review E **78**, 036408 (2008)

P 11.3 Di 17:30 Foyer des IfP

**Spectral properties of Yukawa balls in the presence of dissipation** — ●HANNO KÄHLERT<sup>1</sup>, CHRISTIAN HENNING<sup>1</sup>, SEBASTIAN KÄDING<sup>2</sup>, YURIY IVANOV<sup>2</sup>, ANDRE MELZER<sup>2</sup>, and MICHAEL BONITZ<sup>1</sup> — <sup>1</sup>ITAP, Christian-Albrechts Universität zu Kiel, 24098 Kiel — <sup>2</sup>Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt Universität, 17489 Greifswald

The recent discovery of 3D dust crystals [1], which allow precision measurements and direct observation of strong correlation phenomena, excited intensive experimental and theoretical activities [2,3]. The response of these systems to external excitations and also the melting behavior is described by the normal modes and the corresponding excitation spectra [4].

Here, we present a theoretical and experimental analysis of these normal modes of three-dimensional spherically confined Yukawa clusters with particular attention to the influence of dissipation on the mode spectra [5]. We investigate those spectra from a theoretical point of view, and give a quantitative comparison with experimental results. This allows for a sensitive diagnostics of relevant experimental parameters, including particle charge and trap frequency.

- [1] O. Arp et al., Phys. Rev. Lett. **93**, 165004 (2004)
- [2] D. Block et al., Plasma Phys. Control. Fusion **49**, B109-B116 (2007)
- [3] M. Bonitz et al., Phys. Rev. Lett. **96**, 075001 (2006)

[4] S. W. S. Apolinario and F. M. Peeters, Phys. Rev. E **76**, 031107 (2007)

[5] C. Henning et al., submitted to J. Phys. A: Math. Gen. (2008)

P 11.4 Di 17:30 Foyer des IfP

**Superdiffusion in dusty plasmas** — ●TORBEN OTT and MICHAEL BONITZ — CAU zu Kiel, ITAP, Leibnizstraße 15, D-24098 Kiel

Recent experiments [1] and simulations [2] have shown that the diffusion in quasi-two-dimensional dusty plasmas does not follow the simple space-time relation  $\langle |r(t)|^2 \rangle \sim t$  which is implied by Fick's law for random walkers. Instead of normal (Fickian) diffusion, these systems exhibit a superdiffusive behaviour which is characterized by  $\langle |r(t)|^2 \rangle \sim t^\gamma$ , where  $\gamma$  is the diffusion exponent and  $\gamma > 1$  for superdiffusion. This implies that no meaningful (time independent) self-diffusion coefficient  $D$  can be defined for such two-dimensional systems.

We present results from classical molecular dynamics simulation for the diffusion in two-dimensional dusty plasma systems which are modelled by a Yukawa interaction. The influence of the coupling strength (coupling parameter  $\Gamma$ ), the interaction range (inverse Debye length  $\kappa$ ) and the effect of dissipation on the strength of superdiffusion (as measured by the diffusion exponent  $\gamma$ ) are investigated.

- [1] B. Liu and J. Goree, PRL 100, 055003 (2008)
- [2] T. Ott, M. Bonitz, Z. Donkó, and P. Hartmann, PRE 78, 026409 (2008)

P 11.5 Di 17:30 Foyer des IfP

**Diagnostik dynamischer Prozesse in finiten Staubwolken** — ●DIETMAR BLOCK<sup>1</sup>, MATTIAS KROLL<sup>1</sup>, JAN SCHABLINSKI<sup>1</sup>, SEBASTIAN KÄDING<sup>2</sup>, ANDRE MELZER<sup>2</sup> und ALEXANDER PIEL<sup>1</sup> — <sup>1</sup>IEAP der CAU Kiel, 24098 Kiel, Germany — <sup>2</sup>IfP der EMAU Greifswald, 17487 Greifswald, Germany

Der besondere Reiz von Experimenten an staubigen Plasmen fußt auf der Beobachtbarkeit von dynamischen Prozessen auf mikroskopischer Skala, d.h. die individuellen Bewegungen aller Partikel lassen sich direkt messen. Bei 2D System wird dies mit Videomikroskopen seit der Entdeckung der Plasmakristalle erfolgreich praktiziert. Bei 3D Partikelwolken ist dies ungleich schwieriger. Mit Hilfe der digitalen Holographie und Stereoskopie ist es seit kurzem möglich dynamische Prozesse auch in finiten, 3D Staubwolken zu untersuchen. Dieser Beitrag fasst den aktuellen Stand dieser 3D Diagnostiken zusammen. Die Leistungsfähigkeit der Systeme wird an ausgewählten Beispielen zur Stabilität von Staubwolken demonstriert. So können z.B. durch Lasermanipulation sowohl die Schalenbesetzungen verändert werden als auch großskalige Partikelströmungen angeregt werden.

P 11.6 Di 17:30 Foyer des IfP

**Rotationsbewegung einlagiger Staubcluster in der Randschicht magnetisierte HF-Plasmen\*** — ●JAN CARSTENSEN, FRANCO GREINER, LU-JING HOU und ALEXANDER PIEL — IEAP, Christian-Albrechts-Universität, D-24098 Kiel

Es ist bekannt, dass Staubcluster, die in der Randschicht eines HF-Plasmas eingefangen sind, in Gegenwart eines axialen magnetischen Feldes eine Rotationsbewegung ausführen. Dieser Effekt wurde innerhalb der letzten zehn Jahre sowohl von theoretischer als auch experimenteller Seite untersucht, ist aber bis heute nicht im Detail verstanden. Der derzeit favorisierte Mechanismus geht von einer Ionenwindkraft aus, die infolge der elektrischen und magnetischen Felder innerhalb der Randschicht eine azimutale Komponente enthält. Es werden Experimente vorgestellt, die einerseits zeigen, dass die Ionenwindkraft nicht die alleinige Ursache der Clusterrotation sein kann, und andererseits die Vorstellung nahe legen, dass die Ionendrift innerhalb der Randschicht über Ionen-Neutral-Stöße zu einer Bewegung des umgebenden Neutralgases führt. Weiterhin wird ein Modell vorgestellt, dass, ausgehend von den elektrischen und magnetischen Feldern und den Ionendichten, eine Abschätzung der Neutralgasbewegung erlaubt.

\*Gefördert von der DFG im Projekt SFB-TR24 A2

P 11.7 Di 17:30 Foyer des IfP

**Axiale Beobachtung der Staubbewegung in toroidalen magnetisierten Staubwolken** — ●ROBERT GROSSE-AHLERT, IRIS PILCH, TORBEN REICHSTEIN und ALEXANDER PIEL — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

sität, D-24098 Kiel

In magnetisierten anodischen Plasmen lassen sich kleine Staubwolken in einem Gleichgewicht aus Gravitation, elektrischer Feldkraft und Ionenwindkraft einfangen. Bei geeigneten Parameterwerten ( $P = 3$  W,  $U = 65$  V,  $p = 5.4$  Pa,  $B = 20$  mT) formt sich die Staubwolke zu einem Torus parallel zur Anode mit einer staubfreien Region im Zentrum, der von der Anode aus betrachtet gegen den Uhrzeigersinn rotiert. Bisher wurde die Bewegung der Teilchen in horizontalen Schnitten gemessen. Während die Teilchen am unteren Ende das Bild eines gleichförmig rotierenden Torus wiedergeben, beobachtet man am oberen Ende eine Teilchengeschwindigkeit, die in Rotationsrichtung zunimmt. Zur Bestimmung des vollständigen Strömungsprofils fehlt demnach ein vertikaler Schnitt, mit dem man die Geschwindigkeit über den gesamten Torus messen kann. Dies gelingt nunmehr mit Hilfe einer transparenten ITO - Elektrode, die als Anode dient und einen axialen optischen Zugang ermöglicht. Es werden erste Ergebnisse zum Betrieb des anodischen Plasmas mit ITO-Elektrode, zum Staubeinschluss und zur poloidalen Strömung vorgestellt. Gefördert durch SFB-TR24/A2.

P 11.8 Di 17:30 Foyer des IfF

**Untersuchungen zum Verhalten von Mikropartikeln unter dem Einfluss zusätzlicher Felder** — ●MORITZ HAASS, MATTHIAS WOLTER und HOLGER KERSTEN — IEAP, Universität Kiel

Das Verhalten von Mikropartikeln vor Oberflächen (Gefäßwand) ist von großem Interesse, z.B. in Prozessplasmen. Auf die Mikropartikel wirken verschiedene Kräfte (Gravitation, elektrische Feldkraft,...), die in ihrer Gesamtheit zum Einfang dieser Partikel in der Plasmarandschicht führen können. Der Einfluss des Oberflächenpotentials (floating, biased, ground) auf die Gleichgewichtsposition der Partikel wurde in unterschiedlichen Konfigurationen in einer asymmetrischen HF-Entladung (PerPIEx) untersucht. Senkrecht zur HF-Elektrode wird eine "Wand" in das System eingebracht, welche auf Floating- oder HF-Elektrodenpotential liegt. Für den Fall der floatenden Wand, kann bei den Partikeln ein "benetzungsartiges" Verhalten in Abhängigkeit vom Inertgasdruck und der HF-Leistung beobachtet werden. Bringt man eine Wand, die positiv oder negativ vorgespannt wird, parallel zur HF-Elektrode über die Partikel in die Entladung wird das Freifallverhalten der Mikropartikel beeinflusst, woraus man Aufschluss über die auf die Partikel wirkenden Kräfte erhalten kann. Zur Charakterisierung des HF-Plasmas wurden Langmuirsonden-, Thermosonden-, RFA-Messungen und optische Emissionsspektroskopie durchgeführt.

P 11.9 Di 17:30 Foyer des IfF

**Staubige Plasmen unter Einfluss erhöhter Schwerkraft** — ●TAALKE OCKENGA<sup>1</sup>, MATTHIAS WOLTER<sup>1</sup>, HOLGER KERSTEN<sup>1</sup>, JOB BECKERS<sup>2</sup> und WINFRED STOFFELS<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, AG Plasmatechnologie — <sup>2</sup>Technische Universität Eindhoven, EPG

Die Diagnostik von Plasmen mittels Mikropartikeln als elektrostatische Sonden ist eine relativ neue Methode zur Charakterisierung von Prozessplasmen.

Werden Mikropartikel in ein Plasma gebracht, können sie durch ein Kräftegleichgewicht aus elektrischer Feldkraft und Gewichtskraft im Bereich der Plasmarandschicht eingefangen werden.

In den Experimenten wurden monodisperse Partikel ( $r = 5.12$  Mikrometer) in eine HF-Entladung eingebracht und über der unteren (gepowerten) Elektrode eingefangen. Das gesamte Experiment konnte auf einer Zentrifuge installiert werden, wodurch die Schwerkraft bis zu einem Faktor von 2,6 erhöht werden konnte. Durch den Einfluss dieser zusätzlichen Kraft veränderten die Partikel ihre Position in der Randschicht. Durch die Bestimmung der Einfanghöhe der Partikel und deren Veränderung unter verschiedenen Schwerkraftbedingungen sollte es möglich sein, Rückschlüsse auf das Plasma zu ziehen. Ziel ist es, einen Zugang zu den Plasmaparametern (Temperatur, Dichte, etc.) zu erhalten, ohne eine lokale Störung (z.B. durch Langmuir-Sonden) zu verursachen.

Es werden Ergebnisse der Messungen gezeigt und ein Vergleich mit ersten Resultaten aus der Simulation gegeben.

P 11.10 Di 17:30 Foyer des IfF

**Strukturanalyse von selbsterregten Staubdichtewellen unter Schwerelosigkeit** — ●KRISTOFFER MENZEL, DAVID CALIEBE, OLIVER ARP und ALEXANDER PIEL — IEAP, CAU-Kiel, D-24098 Kiel

Selbsterregte Staubdichtewellen in einem komplexen Plasma wurden unter Schwerelosigkeit bei geringen Neutralgasdrücken und hohen Staubdichten beobachtet. Die Wellen entstehen spontan und propa-

gieren von der Voidkante aus radial nach außen. Im Innern des Staubvolumens breiten sich diese parallel zum lokalen Ionenfluss aus, an der Schichtkante allerdings, d.h. in einem Bereich hoher elektrischer Felder und damit deutlich schnellerer Ionen, schräg dazu [1,2]. Für ein besseres Verständnis der komplexen Struktur der Staubdichtewellen wurden kürzlich neue Experimente auf Parabellflügen in einem HF-Parallelplattenreaktor durchgeführt. Die als Diagnostik verwendete Scanning Video Microscopy erlaubt dabei zunächst die Analyse zweidimensionaler Schnitte durch das Staubvolumen, wodurch die spektralen Eigenschaften der Wellen bestimmt und Phasendefekte im Wellenfeld lokalisiert werden konnten. Desweiteren ist es unter Ausnutzung der hohen zeitlichen Kohärenz gelungen, Rückschlüsse auf die dreidimensionale Struktur des Wellenfeldes zu ziehen. Gefördert durch DLR unter 50WM0739

[1] A.Piel et al., Phys. Rev. Lett. **97**, 205009 (2006), Erratum: Phys. Rev. Lett. **99**, 209903 (2007)

[2] A.Piel, O.Arp, M.Klindworth, and A. Melzer, Phys. Rev. E **77**, 026407 (2008)

P 11.11 Di 17:30 Foyer des IfF

**Staubströmungen in komplexen Plasmen unter Mikrogravitationsbedingungen** — ●DAVID CALIEBE, KRISTOFFER MENZEL, OLIVER ARP und ALEXANDER PIEL — IEAP, CAU-Kiel, D-24098 Kiel

Es werden Experimente vorgestellt, bei denen die Wechselwirkung einer extern erzeugten Partikelströmung mit einem stationären staubigen Plasma unter Mikrogravitation auf Parabellflügen beobachtet wurde. Dabei fließen die Partikel von außerhalb ins Zentrum der Entladung hinein und interagieren mit der eingefangenen stationären Wolke. Wir beobachten in unserem Experiment eine signifikante Abhängigkeit der Topologie der Strömung von den Parametern der Entladung, insbesondere dem Neutralgasdruck und der Hochfrequenzamplitude. So wird zum einen ein langsamer paralleler Partikelstrom beobachtet, zum anderen, wenn Druck und Amplitude vermindert werden, eine Wirbelströmung mit vielen schnelleren Partikeln, die zum Teil weit in die Staubwolke eindringen. Die gemachten Beobachtungen werden mit Partikeltrajektorien verglichen, die aus simulierten Kraftfeldern des elektrischen Feldes, des Ionenwindes sowie der Neutralgasreibung gewonnen wurden. Auf diese Weise werden Rückschlüsse auf den Mechanismus der Strömungen gezogen.

Gefördert durch DLR unter 50WM0739

P 11.12 Di 17:30 Foyer des IfF

**Einfluss von Staubdichtewellen auf das Eigenleuchten eines komplexen Plasmas unter Schwerelosigkeit** — ●OLIVER ARP, DAVID CALIEBE, KRISTOFFER MENZEL und ALEXANDER PIEL — IEAP, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, D-24098 Kiel

Experimente unter Schwerelosigkeit zeigen, dass in einem staubigen Plasma in einer HF-Parallelplattenentladung bei niedrigen Gasdrücken spontan ausgedehnte Staubdichtewellen mit einem komplizierten dreidimensionalen Wellenfeld entstehen können [1,2]. Diese Wellen bewirken eine ausgesprochen starke Modulation der lokalen Staubdichte und lassen somit einen signifikanten Einfluss auf das umgebene Plasma vermuten. Um ein tiefergehendes Verständnis für das Entladungsgleichgewicht und den Antriebsmechanismus der Wellen, sowie ihrer komplexen Struktur zu gewinnen, wurden neue Experimente unter Schwerelosigkeit auf Parabellflügen durchgeführt. Dabei hat ein spezielles Kamerasystem gleichzeitig die Staubwolke und das Eigenleuchten des Plasmas beobachtet, welches hier als qualitatives Maß für die Ionisationsprozesse im Plasma dient. Es konnte ein starker Einfluss des Staubs auf das Leuchten des Plasmas festgestellt werden. Insbesondere wurde eine Modulation des Eigenleuchtens beobachtet, deren Beziehung zu den Staubdichtewellen diskutiert wird. Gefördert durch DLR unter 50WM0739.

[1] Piel et al., Phys. Rev. Lett. **97**, 205009 (2006), Erratum: Phys. Rev. Lett. **99**, 209903 (2007)

[2] A.Piel, O.Arp, M.Klindworth, and A. Melzer, Phys. Rev. E **77**, 026407 (2008)

P 11.13 Di 17:30 Foyer des IfF

**Anregungsdynamik in der Randschicht staubiger Plasmen** — ●SIMON HÜBNER und ANDRÉ MELZER — Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald

Ziel dieser Untersuchung ist die Beobachtung der Anregungsstrukturen eines Niederdruckplasmas mit und ohne Staub. Es wurde speziell die spektrale Emission von Argon bei 751nm in der Randschicht einer kapazitiv gekoppelten Rf-Entladung untersucht. Technisch ermöglicht wird dies durch eine zeitlich und räumlich auflösende ICCD Kamera

mit elektronischer Verschlusszeit von 2ns. Damit kann der Rf-Zyklus aufgelöst werden und mit direkt anschließenden Aufnahmen bei gleichen Plasmaparametern aber zusätzlich eingebrachten Staub verglichen werden. Dabei führen Staubpartikel mit Durchmessern größer als  $6\mu\text{m}$  (bis  $12\mu\text{m}$ ) zu einer Verringerung der Emissionsintensität der angeregten Spezies, wohingegen kleinere Partikel unter  $4\mu\text{m}$  (bis  $2,5\mu\text{m}$ ) Durchmesser eine Erhöhung derselben bewirken. Diese gegenläufige Beobachtung kann durch eine Kombination von Erhöhung der Elektronentemperatur durch den Staub und paralleler Verminderung der Elektronendichte durch größenabhängige Ladungsprozesse des Staubes in der Randschicht erklärt werden.

P 11.14 Di 17:30 Foyer des IfP

**Einfluss von negativen Ionen auf Plasmastabilitäten in DUSTWHEEL\*** — ●SASCHA KNIST, FLORIAN BISS, HELGE KETELSEN, FRANKO GREINER und ALEXANDER PIEL — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität Kiel, 24098 Kiel

In magnetisierten Laborplasmen werden unterschiedliche Wellenphänomene wie Kelvin-Helmholtz-, Rayleigh-Taylor- und Driftinstabilitäten beobachtet. Driftwellen sind in magnetisierten Plasmen allgegenwärtige Wellenphänomene, die durch den Druck der Elektronen getrieben werden und in gewöhnlichen Plasmen gut verstanden sind. Es gibt eine Reihe theoretischer Untersuchungen, wie eine zusätzliche elektronenreduzierende Komponente, speziell Staub, diese Instabilitäten beeinflussen. Es werden Untersuchungen vorgestellt, in denen im ersten Schritt einem Argonplasma negative Ionen (Sauerstoff) im einstelligen Prozentbereich zugeführt werden. Dies ermöglicht eine raum-zeitliche Modifikation der Driftwelldynamik. In einem zweiten Schritt wird in dem Argonplasma Nanostaub produziert, der durch Dissoziation von Acetylen erzeugt wird und dessen Einfluss auf die Dynamik der Instabilitäten/Driftwellen untersucht. Es werden in diesem Beitrag die Parameterbereiche analysiert, in denen Instabilitäten anwachsen und die Anforderung an die negative Ionen- und Staubdichte diskutiert, die zu meßbaren Veränderungen an der Dispersion und Stabilität der Welle führen.

\* gefördert durch SFB-TR24-A2

P 11.15 Di 17:30 Foyer des IfP

**Potential- und Dichteverteilung in einem magnetisierten staubigen Plasma** — ●TORBEN REICHSTEIN, IRIS PILCH und ALEXANDER PIEL — IEAP, CAU-Kiel, D-24098 Kiel

Um zu einem tieferen Verständnis der in staubigen Plasmen ablaufenden Prozesse zu gelangen, ist eine genaue Kenntnis der Plasmaparameter wie Plasmadichte und Plasmapotential von Nöten. Zu deren Bestimmung sind zahlreiche Diagnostiken entwickelt worden. Im Experiment Matilda-II wird in einer Hochfrequenzentladung ( $f = 27,12\text{MHz}$ ) ein schwach magnetisiertes anodisches Plasma ( $U \approx 70\text{V}$ ,  $B = 20\text{mT}$ ) betrieben. In einem gewissen Parameterbereich ist es möglich, im anodischen Plasma torusförmige Staubwolken einzufangen, die ein ausgeprägtes Loch in der Mitte aufweisen und um die Hauptachse des Torus rotieren.

Ziel der an diesem Experiment verwendeten Sondendiagnostik ist die Beschreibung dieser torusförmigen Staubstrukturen aus den experimentell bestimmten Plasmaparametern. Die Plasmadichte wird mit einer Langmuirsonde, das Plasmapotential separat mit einer emissiven Sonde orts aufgelöst ermittelt. Mit Hilfe einer Modellvorstellung ist aus dem Potentialverlauf eine Abschätzung der im Plasma auftretenden Kräfte ermöglicht worden. Mit diesen Kräften lassen sich Einschluss und Dynamik der Staubwolken beschreiben. Dabei ist eine gute Übereinstimmung zwischen den aus der Modellvorstellung folgenden Vorhersagen und visuellen Beobachtungen torusförmiger Staubstrukturen zu beobachten. Gefördert durch den SFB-TR24/A2.

P 11.16 Di 17:30 Foyer des IfP

**Torusförmige Staubwolken in einem anodischen Plasma** — ●IRIS PILCH, TORBEN REICHSTEIN, ROBERT GROSSE-AHLERT und ALEXANDER PIEL — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts Universität, D-24098 Kiel

Das Experiment Matilda II, in dem die Untersuchungen durchgeführt wurden, besteht aus einer primären HF-Entladung ( $f = 27,12\text{MHz}$ ) und einem anodischen Plasma ( $U \approx 60 - 70\text{V}$ ) im Zentrum der Kammer. In diesen anodischen Plasmen können Partikel in einem Gleichgewicht aus Schwerkraft, elektrischer Feldkraft und Ionenwindkraft eingefangen werden, wobei die Schwerkraft bei den von uns verwendeten kleinen Partikeln ( $d = 0,97\mu\text{m}$ ) für den Einschluss unbedeutend ist. Die Form der beobachteten Staubwolken hängt unter anderem von

der Teilchenanzahl und den Entladungsparametern Druck, Magnetfeld, HF-Leistung und Anodenspannung ab. Bei Variation dieser Parameter konnten torusförmige Staubwolken erzeugt werden, deren zentraler staubfreier Bereich demselben Gleichgewicht aus Ionenwindkraft und elektrischer Feldkraft unterliegt wie in unmagnetisierten Plasmen. Die Staubpartikel rotieren um die Torusachse in Richtung der Azimutalkomponente der Ionenwindkraft.

In diesem Beitrag werden die Existenzbereiche solcher Tori in Abhängigkeit von den Entladungsparametern bestimmt und die Partikelströmung mittels particle-image-velocimetry gemessen. Gefördert durch SFB-TR24/A2.

P 11.17 Di 17:30 Foyer des IfP

**Mie-Ellipsometrie an staubigen Plasmen** — ●HELGE KETELSEN, SASCHA KNIST, JAN CARSTENSEN, FRANKO GREINER und ALEXANDER PIEL — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 24098 Kiel

Bei vielen staubigen Plasmen verwendet man Staubpartikel in der Größenordnung von 1 - 10 Mikrometern. Bei dieser Partikelgröße führt die Gravitationskraft meist dazu, dass die Staubpartikel schnell sedimentieren und sich in wenigen Schichten in der Randschicht anordnen. Für die Untersuchung von staubmodifizierten Driftwellen im Experiment DUSTWHEEL\* ist es jedoch notwendig, dass die Staubpartikel im gesamten Plasmavolumen verteilt sind. Um den Einfluss der Gravitation zu minimieren, können Staubpartikel im 100nm-Bereich verwendet werden. Eine in-situ Erzeugung von Nanostaub ermöglicht zum Beispiel ein Argon/Acetylen Plasma, in dem Partikelwachstum stattfindet. Die Partikel wachsen solange bis sie aufgrund ihrer Masse aus dem Plasmavolumen herausfallen oder bis der Acetylenzufluss gezielt beendet wird. Die Größe der erzeugten Partikel kann mit Hilfe der Mie-Ellipsometrie bestimmt werden. In diesem Beitrag geht es um den Aufbau einer solchen Diagnostik. Mit Hilfe einer Extinktionsmessung wird zusätzlich die Anzahldichte der erzeugten Staubpartikel bestimmt. Mit Langmuir-Sonden wird die Abhängigkeit der Staubproduktion von den Plasmaparametern und der Elektrodengeometrie des HF-Plattenreaktors untersucht.

\*gefördert von der DFG im Projekt SFB-TR24 A2

P 11.18 Di 17:30 Foyer des IfP

**Stereoskopie komplexer Plasmen unter Schwerelosigkeit** — ●BIRGER BUTTENSCHÖN und ANDRÉ MELZER — Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 6, 17487 Greifswald

Für die Untersuchung dynamischer Vorgänge in komplexen Plasmen ist eine Diagnostik unverzichtbar, die eine simultane dreidimensionale Positionsbestimmung einer großen Zahl von Partikeln ermöglicht. Für den Einsatz unter Schwerelosigkeit im Rahmen von Parabelflügen werden besondere Anforderungen an einen kompakten Aufbau sowie eine möglichst hohe Unempfindlichkeit gegen Schwingungen an eine solche Diagnostik gestellt, die einen stereoskopischen Aufbau für diese Aufgabe prädestiniert erscheinen lassen.

Dieser Beitrag stellt erste Aufnahmen und Ergebnisse einer speziell für den Einsatz auf Parabelflügen konzipierten Stereoskopie-Einheit vor. Das Hauptaugenmerk liegt hierbei auf der Feststellung der Tauglichkeit des entwickelten Systems für die gewünschten Untersuchungen sowie dem Test des Rekonstruktionsalgorithmus und der Kalibrieremethode für die relativ komplexe Geometrie der Kameraanordnung.

Diese Arbeit wird gefördert durch das DLR unter 50WM0738.

P 11.19 Di 17:30 Foyer des IfP

**Ionenakustische Wellen in staubigen Plasmen** — ●IMKE GOERTZ, FRANKO GREINER und ALEXANDER PIEL — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität, D-24098 Kiel

In der Targetkammer einer Doppelplasmaanlage werden ionenakustische Wellen (IAW) mittels eines zusätzlich eingebrachten Doppelgitters angeregt. Die phasenempfindliche Detektion der IAW wird mit einer axial verfahrenbaren Langmuirsonde und einer Interferometertechnik realisiert. In reinen Edelgasen stimmt die gemessene Dispersionsrelation mit der Fluidtheorie überein. Es werden Untersuchungen über den Einfluss von Staubpartikeln auf die Ausbreitungsgeschwindigkeit der IAW vorgestellt. Um diesen Einfluss zu studieren, wurde ein Verfahren entwickelt, das es ermöglicht die Staubbichte in weiten Bereichen zu variieren. Abhängig von der Staubmenge handelt es sich um Staub in einem Plasma (Havnes-Parameter:  $P > 1$ ) oder um ein staubiges Plasma ( $P < 1$ ). Nur im  $P < 1$ -Regime binden die Staubpartikel freie Elektronen und reduzieren damit tatsächlich die Elektronendichte ( $n_e \neq n_i$ ), dies führt zu einer Erhöhung der Phasengeschwindigkeit

von IAW. Mit dem beschriebenen Aufbau werden systematische Messungen durchgeführt, um den Einfluss der Staubkonzentrationen auf die Ausbreitungsgeschwindigkeit der IAW zu untersuchen.

P 11.20 Di 17:30 Foyer des IfP

**Experimente zur Kontaktaufladung von Mikropartikeln** —

•THOMAS TROTTENBERG und HOLGER KERSTEN — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, D-24098 Kiel

Die elektrische Aufladung von Mikropartikeln in Plasmen ist einer der fundamentalen Vorgänge in staubigen Plasmen. Die Ladung wird in diesem Fall durch das Floatingpotential des Teilchens bestimmt, das einigen wenigen Elektronentemperaturen ( $-k_B T_e/e$ ) entspricht. Daher liegen die Oberflächenpotentiale in der Größenordnung von  $-10$  V, und die Ladungen betragen oft nicht mehr als 3000 Elektronen je Mikrometer des Durchmessers. In Anwendungen, bei denen Mikropartikel elektrostatisch beschleunigt werden sollen, ist man aber an möglichst hohen Partikelladungen interessiert. Beispiele hierfür sind Experimente zur Simulation von Mikrometeoriten [1] und eine mögliche Verwendung von Mikropartikeln zum Antrieb im Weltraum [2]. Ladungsbegrenzende Mechanismen wie Elektronenfeldemission und Feldverdampfung setzen erst ein, wenn sich bis zu zwei Zehnerpotenzen mehr Ladungen auf den Partikeln befinden als bei der Aufladung im Plasma. Eine bekannte Methode, solch hohe Ladungen zu erreichen, ist die Kontaktaufladung mit Hochspannungen von mehreren 10 kV. Dieser Beitrag präsentiert erste Ergebnisse unserer Experimente zur Kontaktaufladung von leitfähigen Mikropartikeln an feinen Elektroden mit verschiedenen Geometrien.

[1] Stübzig et al., Planet. Space Sci. 49, 853 (2001)

[2] Trottenberg et al., New J. Phys. 10, 063012 (2008)

P 11.21 Di 17:30 Foyer des IfP

**Generation of Si:C:N particles in plasma** — •ANGELO CONSOLI, MAX ZIMMERMANN, and ACHIM VON KEUDELL — Center for Plasma Science and Technology, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum

Dust particles are inherently formed in many reactive plasmas using

various source gases such as acetylene or silane. Especially the formation of multi-compound particles is of great interest in many research fields. This work focuses on the formation of Si:C:N particles in  $\text{SiH}_4/\text{C}_2\text{H}_2/\text{NH}_3$  plasma, which cannot be produced in standard chemical equilibrium processes. Si:C:N particles show good physical characteristics, such as high hardness, and high oxidation and corrosion resistance. For example, they may serve as quantum dots or as carriers for nanodisperse catalysts. However, the  $\text{SiH}_4/\text{C}_2\text{H}_2/\text{NH}_3$  plasma has to be well understood to be able to control the particle production and composition. The aim of this work is to find the right precursor gas mixture to induce Si:C:N particle growth and to tailor the particles characteristics such as particle diameter and particle composition in a controlled way by optimizing plasma composition and plasma properties. The plasma composition is followed by time resolved molecular beam mass spectrometry and allows us to study the plasma chemistry during the initial stage of dust formation. Particles are extracted from the plasma volume by means of electric fields and studied ex-situ. AFM is used to determine their size and distribution. The optical properties of these particles are studied by photoluminescence measurements.

P 11.22 Di 17:30 Foyer des IfP

**Particles and thin films deposited by Ar/C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> and Ar/CH<sub>4</sub> plasmas** — •HOANG TUNG DO<sup>1</sup>, ROBERT BOGDANOWICZ<sup>2</sup>, VLADIMIR DANILOV<sup>1</sup>, JÜRGEN MEICHSNER<sup>1</sup>, MARCIN GNYBA<sup>2</sup>, and RAINER HIPPLER<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Institute of Physics, University of Greifswald, D-17487 Greifswald, Germany — <sup>2</sup>Department of Optoelectronics and Electronic Systems, Gdansk University of Technology, PL-80952 Gdansk, Poland

Particles and thin films have been deposited by Ar/C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> and Ar/CH<sub>4</sub> plasmas under various conditions. The development of plasma was monitored by tunable diode laser absorption spectroscopy via the time evolution of argon metastable density. The films were analysed by different methods: Fourier transform infrared spectroscopy, Raman spectroscopy and spectroscopic ellipsometry. The results will be compared and discussed.