

P 5: Komplexe / Staubige Plasmen

Zeit: Dienstag 14:00–16:25

Raum: HS H

**Hauptvortrag**

P 5.1 Di 14:00 HS H

**Nichtlineare Phänomene und Selbstorganisation in staubigen Plasmen** — ●OLIVER ARP, KRISTOFFER OLE MENZEL, DAVID CALIEBE, CHRISTIAN SCHMIDT, TIM BOCKWOLDT und ALEXANDER PIEL — IEAP, CAU-Kiel, D-24098, Kiel

Staubige Plasmen zeigen eine Vielzahl von dynamischen und struktur-bildenden Phänomenen, die sich mit linearen Theorien nicht beschreiben lassen. Beispiele sind u.a. das komplizierte Wellenfeld von selbst-erregten Staubbichtewellen sowie die Dynamik der Staubwolke hinter einem schnellen Projektil. Selbsterregte Staubbichtewellen werden von strömenden Ionen angetrieben und zeigen in ausgedehnten, dreidimensionalen Staubwolken ein Wellenfeld mit Phasendefekten und Frequenzinseln, dass nicht mit dem linearen Wellenbild nach Huygens vereinbar ist. Das beobachtete Wellenfeld kann als System partiell synchronisierter, nichtlinearer Oszillatoren beschrieben werden, was zu einem Paradigmenwechsel bei der Interpretation des Wellenphänomens führt. Die Untersuchung der Wechselwirkung zwischen schnellen Staubprojektilen und einer stationären dreidimensionalen Staubwolke erlaubt es wichtige Informationen über die viskoelastischen Eigenschaften von staubigen Plasmen zu gewinnen. Die Wechselwirkung des Projektils mit der Staubwolke hängt dabei stark von der Projektilgröße und -geschwindigkeit ab. Es werden neueste Ergebnisse von Experimenten im Labor und unter Schwerelosigkeit, sowie von Simulationen vorgestellt. Diese Arbeit wurde gefördert durch das DLR unter 50WM0739.

**Fachvortrag**

P 5.2 Di 14:30 HS H

**An effective coupling parameter for Yukawa systems and its use as a non-invasive measurement method** — ●TORBEN OTT und MICHAEL BONITZ — Christian-Albrechts-Universität Kiel, Institut für Theoretische Physik und Astrophysik

The Yukawa model is often employed to describe strongly coupled systems such as dusty plasmas. Two parameters define the system: i) The coupling parameter  $\Gamma$ , and ii) the screening parameter  $\kappa$ . These two dimensionless parameters fully govern the structural and dynamical properties of the system which can be obtained, for example, through molecular dynamics simulations. We show how it is possible to define an effective coupling parameter  $\Gamma^*(\Gamma, \kappa)$  for Yukawa systems based on structural properties. Using additional dynamical data contained in the velocity autocorrelation function, we then derive a reference data method (RDM) which enables the reconstruction of the governing parameters ( $\Gamma$  and  $\kappa$ ) from trajectory snapshots. This RDM can serve as a non-invasive way of determining the plasma conditions, complementary to currently used methods, and achieves an accuracy of about 10%.

[1] T. Ott, M. Stanley, M. Bonitz, ArXiv 1010.6193v1 (2010)

P 5.3 Di 14:55 HS H

**Kraftmessungen im Void in staubigen Plasmen unter Schwerelosigkeit** — ●BIRGER BUTTENSCHÖN, MICHAEL HIMPEL und ANDRÉ MELZER — Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, 17489 Greifswald

In ausgedehnten, dreidimensionalen Staubstrukturen unter Schwerelosigkeit, wie sie zum Beispiel auf Parabelflügen erzeugt werden können, bildet sich im Zentrum der Staubwolke oft ein partikelfreies Void aus. Die Voidkante ist durch ein Gleichgewicht der nach außen gerichteten Ionenwindkraft und der nach innen gerichteten elektrischen Feldkraft bestimmt. Um das im Void herrschende Kraftfeld detailliert zu untersuchen, wurden in Experimenten auf Parabelflügen schwere Partikel durch die Staubwolke in das Void hinein geschossen und ihre Trajektorien verfolgt. Dies geschieht mit einem eigens für Parabelflüge entwickelten stereoskopischen Kameraaufbau aus drei nicht-orthogonal zueinander angeordneten Kameras, aus deren Bildern die Partikeltrajektorien vollständig dreidimensional rekonstruiert werden. Aus der auf die Partikel wirkenden Beschleunigung wurde, unter Berücksichtigung der Reibung mit dem Gashintergrund sowie der Fluktuationen in der Restgravitation, die dreidimensionale Struktur des Kraftfelds im Void abgeleitet.

Diese Arbeit wird gefördert durch das DLR unter 50WM0738 und 50WM1138.

P 5.4 Di 15:10 HS H

**Raum-zeitliche Strukturen in Staubbichtewellen unter**

**Schwerelosigkeit** — ●KRISTOFFER OLE MENZEL, OLIVER ARP, TIM BOCKWOLDT und ALEXANDER PIEL — IEAP, CAU-Kiel, D-24098 Kiel

Bringt man Mikropartikel (Staub) in ein Hochfrequenzplasma ein, so können sich bei genügend hohen Partikeldichten und geringen Neutralgasdrücken Dichtefluktuationen in der Staubwolke ausbreiten. Die stark nichtlinearen Wellen beziehen ihre Energie aus einer Ionenströmung im Plasma und werden deshalb als selbsterregt bezeichnet. Unter Schwerelosigkeit besitzen die dreidimensionalen Wellenfelder komplizierte raum-zeitliche Strukturen. Diese beinhalten das Auftreten von topologischen Defekten, an denen Wellenfronten aufbrechen oder sich verbinden. In diesem Beitrag werden die Wellen im Detail mit Hilfe von Methoden studiert, die es erlauben, instantane Welleneigenschaften zu bestimmen. Eine detaillierte Frequenzmessung zeigte insbesondere das Auftreten sogenannter Frequenzcluster [1,2]. Hierbei handelt es sich um Bezirke unterschiedlicher aber jeweils konstanter Frequenz. Die Analyse erlaubt es außerdem, den Einfluss der Defekte auf die Clusterbildung zu beschreiben. Dabei hat sich gezeigt, dass das System van-der-Pol artigen Charakter besitzt. Dieser Befund konnte in numerischen Simulationen nachempfunden werden. Gefördert durch DLR unter 50WM0739.

[1] K.O. Menzel, O. Arp, and A. Piel, Phys. Rev. Lett. 104, 235002 (2010)

[2] K.O. Menzel, O. Arp, and A. Piel, Phys. Rev. E (in press)

P 5.5 Di 15:25 HS H

**Kristallisation in Komplexen Plasmen unter Mikrogravitationsbedingungen** — MIERK SCHWABE<sup>1</sup>, ●PETER HUBER<sup>1</sup>, ALEXEI IVLEV<sup>1</sup>, MILENKO RUBIN-ZUZIC<sup>1</sup>, HUBERTUS THOMAS<sup>1</sup>, GREGOR MORFILL<sup>1</sup>, ANDREJ LIPAEV<sup>2</sup>, VLADIMIR MOLOTKOV<sup>2</sup>, OLEG PETROV<sup>2</sup> und VLADIMIR FORTOV<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik, Giessenbachstr., 85748 Garching — <sup>2</sup>Joint Institute for High Temperatures, 125412 Moscow, Rußland

Komplexe Plasmen bestehen aus Niedertemperaturplasmen, in denen sich Mikrometergroße Kügelchen befinden. Die Mikroteilchen laden sich auf und wechselwirken miteinander. Wenn die Kopplungsstärke groß genug ist, bilden sie Kristalle aus, deren Wachstum und Schmelzen auf dem Level einzelner Teilchen beobachtet werden kann. Unter Gravitationsbedingungen gelingt es jedoch meist nur, wenige Lagen von solchen Plasmakristallen herzustellen.

Das russisch-deutsche Plasmakristall-Experiment PK-3 Plus befindet sich auf der Internationalen Raumstation ISS. Es besteht aus einer kapazitiv gekoppelten Plasmakammer, in der wegen der Mikrogravitation auf der ISS ideale Bedingungen herrschen, um große Kristalle zu untersuchen. Hier stellen wir neue Ergebnisse zur Kristallisation von komplexen Plasmen in PK-3 Plus vor.

P 5.6 Di 15:40 HS H

**Complex Plasmas in external fields: Role of non-Hamiltonian interactions** — ●MARKUS THOMA<sup>1</sup>, ALEXEI IVLEV<sup>1</sup>, CHRISTOPH RÄTH<sup>1</sup>, GLENN JOYCE<sup>2</sup>, and GREGOR MORFILL<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik, 85741 Garching, Germany — <sup>2</sup>Icarus Research Inc., Bethesda, Maryland 20814, USA

Dedicated experiments with strongly coupled complex plasmas in external electric fields were carried out under microgravity conditions using the PK-4 dc discharge setup. The focus was put on the comparative analysis of the formation of string-like anisotropic structures due to reciprocal (Hamiltonian) and non-reciprocal (non-Hamiltonian) interactions between microparticles (induced by ac and dc fields, respectively). The experiments complemented by numerical simulations demonstrate that the responses of complex plasmas in these two regimes are drastically different. The observed distinction is a striking manifestation of intrinsic thermodynamic openness of driven strongly coupled systems

P 5.7 Di 15:55 HS H

**Dust Particle Growth in PK-4** — ●LISA WÖRNER<sup>1,2</sup>, EVA KOVACEVIC<sup>1</sup>, JOHANNES BERNDT<sup>1</sup>, MARKUS THOMA<sup>2</sup>, LAIFA BOUFENDI<sup>1</sup>, and GREGOR MORFILL<sup>2</sup> — <sup>1</sup>GREMI, Orléans, France — <sup>2</sup>MPE, Garching, Germany

Dusty plasmas are a unique possibility to study the formation of nanoparticles from the gas phase in a closed and controlled laboratory setup. Particle growth is interesting regarding fundamental physics but in addition biomedical and industrial applications are under investiga-

tion. The objective of this work covers the study of dust formation in a dc discharge. The dc discharge is run inside an u-shaped glass cylinder. It is operated by two electrodes to which voltages up to 2 kV can be applied. In order to capture particles the polarity of the voltage can be switched. An rf coil is wrapped around the tube which is operated at 13,56 MHz and a peak-to-peak voltage of 200 V. The chamber is operated with Argon and mixtures of Argon with Acetylene at pressures around 100 Pa. Hence the growth is observed from etching particles laying on the surface of the glass tube, injected particles captured in the plasma, and in the gas phase by chemical reactions from Acetylene. The major prospective is to compare the growth mechanisms with those observed in experiments using rf discharges.

P 5.8 Di 16:10 HS H

**Toroidale Staubströmungen in magnetisierten Plasmen** —  
•TORBEN REICHSTEIN und ALEXANDER PIEL — IEAP, CAU Kiel

In einem magnetisierten anodischen Plasma ist es möglich, torusförmige Staubwolken einzufangen, deren Partikel um ein zentralen staubfrei-

en Bereich (Void) rotieren. Einschluss und Dynamik dieser Strukturen wurden experimentell untersucht und ein simples hierarchisches Modell zur Beschreibung dieser Wolken vorgestellt. Darin wird die Staubdynamik in einem 1D-Einzelteilchenmodell durch eine Modulation einer azimuthal gerichteten Ionenwindkraft durch die Gewichtskraft beschrieben [1]. Durch neue Experimente motiviert, wurde das Modell erweitert, um Vielteilcheneffekte ebenso wie ballistische Effekte zu berücksichtigen. Simulationen des erweiterten Modells haben neben einem verbessertem Verständnis der experimentellen Befunde auch neue Effekte wie das Auftreten von Dust Lattice Waves gezeigt [2]. In einem weiteren Schritt wurden dreidimensionale MD-Simulationen auf GPUs durchgeführt, die einen noch tieferen Einblick in die Strömungsvorgänge in torusförmigen Staubwolken erlauben und weitere neue Aspekte wie die Bildung von Wirbeln zeigen.

In diesem Beitrag wird neben den experimentellen Untersuchungen vor allem auf die MD-Simulationen eingegangen.

Gefördert durch SFB-TR24/A2.

[1] I. Pilch et al., Phys. Plasmas **15**, 103706, 2008

[2] T. Reichstein et al., Phys. Plasmas **17**, 093701, 2010