

P 28 Astrophysikalische Plasmen; Dichte Plasmen 1; Schwerionen- und lasererzeugte Plasmen 2; Staubige Plasmen 4; Theorie 1

Zeit: Mittwoch 17:30–19:00

Raum: Flure

P 28.1 Mi 17:30 Flure

A laboratory experiment for the simulation of solar flares — ●DENIS GLUSHKOV and HENNING SOLTWISCH — Institut für Experimentalphysik V, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum, Germany

Hot, magnetized plasmas are complex objects with complicated dynamics. Prominent examples are arc-shaped solar flares observed in the sun corona. The processes controlling their evolution and local plasma dynamics are still not well understood. To simulate the behavior of solar flares an experimental setup has been designed and built. It consists of a U-magnet, producing an arc-shaped magnetic field above two electrodes. One electrode is charged up to +3kV, the other symmetrically down to -3kV relative to the vacuum chamber. Hydrogen is injected through holes in the electrodes, and an electrical discharge is initiated. The current channel is compressed by the pinch effect and stabilized by the arc-shaped magnetic field. Progress on building this simulation experiment is reported and the experimental data obtained so far are presented.

P 28.2 Mi 17:30 Flure

Reflectivity in shock wave fronts — ●THOMAS RAITZA, HEIDI REINHOLZ, AUGUST WIERLING, and GERD ROEPKE — Rostock university, Universitätsplatz 3, 18051

For the reflection coefficient R of shock-compressed dense Xenon plasmas new results at pressures of 1.6 – 20 GPa and temperatures around 30 000 K are interpreted, see [4]. Reflectivities typical for metallic systems are found [1] at high densities. A consistent description of the measured reflectivities is achieved [2,3] if a finite width of the shock wave front is considered. A new approach for a shock wave front profile is discussed. Several mechanisms to give a physical explanation are shown.

[1] Reinholz H, Röpke G, Wierling A, Mintsev V, and Gryaznov V 2003 *Contrib. Plasma Phys.* **43** 3

[2] Reinholz H, Zaparoghets Y, Mintsev V, Fortov V, Morozov I, and Röpke G 2003 *Phys. Rev. E* **68** 036403

[3] Reinholz H, Röpke G, Morozov I, Mintsev V, Zaparoghets Y, Fortov V, and Wierling A 2003 *J. Phys. A: Math. Gen.* **36**, 5991

[4] Zaparoghets Y, Mintsev V, Gryaznov V, Fortov V, Reinholz H, Raitza T, and Röpke G 2005 *J. Phys. A: Math. Gen.* in press

P 28.3 Mi 17:30 Flure

The Cl K_{α} line in dense plasma — ●A. SENGEBUSCH, G. RÖPKE, H. REINHOLZ, and S. GLENZER — Institute of Physics, University of Rostock, Universitätsplatz 3, D - 18051 Rostock, Germany

Recently, experiments have been performed where thin foils of sara were irradiated by an intense laser beam [1]. The emitted X-ray spectrum was investigated to develop X-ray probes for Compton scattering on warm dense plasma. The K_{α} line of chlorine at 2623 eV is of particular interest since it has suitable features. Using theoretical considerations we will investigate the influence of ionization, as well as the formation of a hot, dense plasma on the shape of the spectral line and a possible shift. In contrast to the width of spectral lines (pressure broadening), the shift of spectral lines in dense plasma has only been investigated for some special contexts due to the requirement of more advanced theoretical approaches. Considering theories of scattering by electrons in the unified (as well as impact) approximation within the so-called no- quenching approximation, no shift at all is obtained. More consistent treatments have been elaborated recently [2,3]. We will show that an estimation based on a simplified treatment of shift of electron bound states due to screening in a dense plasma leads to a line shift at high plasma densities. An approach for a more consistent quantum statistical treatment of the profile of spectral lines will be discussed.

[1] M. K. Urry et al. , *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer*, 2005, in press

[2] S. Sorge et al. , *J. Phys. B: Mol. Opt. Phys.* **33**, (2000) 2983

[3] G. Röpke et al. , *Contrib. Plasma Phys.* **45** (2005) 414

P 28.4 Mi 17:30 Flure

Equation of state for dense helium — ●VOLKER SCHWARZ and RONALD REDMER — Universität Rostock, Institut für Physik, 18051 Rostock

To model interiors of Giant Planets accurate knowledge of the equa-

tion of state (EOS) for hydrogen, helium, and hydrogen-helium mixtures is required for pressures up to several megabars and temperatures up to several thousand Kelvin. While the EOS of hydrogen is the subject of lively discussions, not much attention has been paid so far to the EOS of helium. We start from the Ornstein-Zernicke equation for the pair correlation function. This equation is solved using the HNC closure relation and an iterative scheme. Effective pair potentials are used to model the interactions between helium atoms. We present results for the EOS of pure atomic helium and compare with previous calculations using fluid variational theory and results of shock-wave experiments. Especially, the Hugoniot curves are discussed up to high pressures in the megabar range.

P 28.5 Mi 17:30 Flure

Hall Conductivity in dense plasma — ●HEIDI REINHOLZ, JOHN ADAMS, RONALD REDMER, and MARTIN FRENCH — Institut für Physik, Universität Rostock, 18055 Rostock

The Hall conductivity is investigated as a tool for diagnostics in dense plasmas under the influence of magnetic fields. A theoretical approach for the Hall coefficient is developed within the framework of the Zubarev formalism and linear response theory. Comparison is made with the relaxation time approximation. Our approach allows for a consistent investigation of the Hall coefficient and other thermoelectric transport properties including electron-electron interactions [1,2] and other scattering mechanisms relevant in partially ionized plasmas. Finally, we compare with recent experimental results for the Hall conductivity in partially ionized Argon and Xenon plasma [3].

[1] J. Adams, H. Reinholz, R. Redmer, M. French, *J. Phys. A: Math. Gen.* (2005) in press

[2] H. Reinholz, R. Redmer, S. Nagel, *Phys. Rev. E* **52** (1995) 395

[3] N. S. Shilkin *et al.*, *Zh. Éksp. Teor. Fiz.* **124**, 1030 (2003) [*JETP* **97**, 922 (2003)]

P 28.6 Mi 17:30 Flure

Thermodynamics of dense Hydrogen-Helium plasmas – Path integral Monte Carlo calculations — ●VLADIMIR FILINOV^{1,2}, PAVEL LEVASHOV¹, MICHAEL BONITZ², and VLADIMIR FORTOV¹ — ¹Institute for High Energy Density, Russian Academy of Sciences, Izhorskaya 13/19, Moscow 125412, Russia — ²Institut für Theoretische Physik und Astrophysik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Leibnizstr. 15, 24098 Kiel

The thermodynamic properties of hydrogen, helium and hydrogen-helium mixtures are investigated by direct path integral Monte Carlo simulations [1]. The results are compared with available theoretical and experimental methods based, in particular, on the chemical picture. We investigate the effect of temperature ionization in low-density hydrogen plasma. We also present a number of calculated isotherms for hydrogen-helium mixtures with a mass concentration of helium $Y=0.234$ which is of relevance for giant planet interiors in the range from 100.000K to 2.000.000 K. In the density region where a sharp conductivity rise have been observed experimentally the simulations give indications for one or two plasma phase transitions. Further we compute the shock Hugoniot of deuterium and compare our results with recent experimental data.

[1] V.S. Filinov, P. Levashov, M. Bonitz, V.E. Fortov, *Contrib. Plasma Phys.* **45**, 258-265 (2005) and *Plasma Physics Reports* **31**, 700-704, (2005)

P 28.7 Mi 17:30 Flure

Kink instabilities in 1m long, free-standing plasma channels — ●STEPHAN NEFF¹, RENATE KNOBLOCH-MAAS¹, ANDREAS TAUSCHWITZ², DIETER H.H. HOFFMANN^{1,2}, and SIMON S. YU³ — ¹Technische Universität Darmstadt, Darmstadt, Germany — ²Gesellschaft für Schwerionenforschung, Darmstadt, Germany — ³Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA

Z-pinchs are studied at the Gesellschaft für Schwerionenforschung as a possible means to transport heavy-ion beams in an inertial fusion reactor chamber. Apart from its beam transport properties, we also study the dynamics and the stability of the channel. The channel has a temperature of some eV and reaches electron densities of up to 10^{18}cm^{-3} . Our experiments show that our channels can be subject to kink instabilities

for high pressures (above 15 mbar), but that their growth rate is much smaller than expected from ideal MHD theory, due to the finite conductivity of the plasma and stabilizing effects. The measurements therefore show that MHD instabilities are no obstacle for using plasma channels for final transport in an ICF target chamber.

P 28.8 Mi 17:30 Flure

Charakterisierung und zeitaufgelöste Messung des Strahlungsfeldes in lasererzeugten Hohlräumen — ●THOMAS HESSLING¹, ABEL BLAŽEVIĆ², ALEXANDER PELKA¹, D.H.H. HOFFMANN¹, GABRIEL SCHAUMANN¹, MARIUS SCHOLLMEIER¹, MARKUS ROTH¹ und PAVEL NI¹ — ¹Technische Universität Darmstadt — ²Gesellschaft für Schwerionenforschung, Darmstadt

Hohlräume aus Hoch-Z Materialien wie Gold eignen sich gut zur Konvertierung von Laserlicht in Röntgenstrahlung und damit zur Erzeugung homogener, inkohärenter Schwarzkörperstrahlung. Damit sind sie insbesondere für die Trägheitsfusion von Interesse. Ebenso wird die Erzeugung homogener Plasmen für weitere Experimente an der GSI Darmstadt ermöglicht, wie beispielsweise Wechselwirkungen von schweren Ionen mit Plasmen.

Mit den im Rahmen einer Diplomarbeit aufgebauten Methoden zur Targetproduktion können entsprechende Hohlräume gefertigt werden. Diese wurden in Experimenten am Hochenergie-Lasersystem *nhelix* charakterisiert. Anhand von zeitaufgelösten Messungen des emittierten Spektrums konnte die Evolution der Hohlraumstrahlung beobachtet und eine Strahlungstemperatur abgeschätzt werden. Die Experimente dienen ebenfalls als Vorbereitung für spätere Versuche am PHELIX-Laser.

P 28.9 Mi 17:30 Flure

3D-Rekonstruktion und Simulation eines laserbeschleunigten Protonenstrahls mit Hilfe mikrostrukturierte Folien — ●FRANK NÜRNBERG¹, MARIUS SCHOLLMEIER¹, MARKUS ROTH¹, ABEL BLAŽEVIĆ², GABRIEL SCHAUMANN¹, THOMAS HESSLING¹, ERIK BRAMBRINK³ und HARTMUT RUHL⁴ — ¹Technische Universität Darmstadt, Institut für Kernphysik, Darmstadt — ²Gesellschaft für Schwerionenforschung, Darmstadt — ³Laboratoire pour l'Utilisation des Lasers Intense, Palaiseau — ⁴Ruhr-Universität Bochum

Ein Protonenstrahl wird durch die Wechselwirkung eines intensiven Laserstrahls mit dünnen (5-100 Mikrometer) Metallfolien erzeugt. Auf Grund der niedrigen Emittanz und der großen Teilchenzahl bei kurzer Pulslänge ist es vorstellbar, einen solchen Strahl in konventionelle Beschleunigertypen zu injizieren. Die Voraussetzung, um Multi-MeV Protonenstrahlen nachbeschleunigen zu können, ist, dass die Strahleigenschaften möglichst gut charakterisiert werden. Hierzu werden wichtige Strahlparameter wie Divergenz, Emittanz und Energiespektrum des Strahls bestimmt. Wegen der niedrigen Emittanz des Ionenstrahls ist es möglich, Mikrostrukturen der Targetoberfläche abzubilden. Zur Detektion werden Dosimetriefolien (RCF, radiochromic films) hintereinander angeordnet. Die mikrostrukturierten Targetfolien wurden mittels Ultrahochpräzisionszerspanung und Galvanotechnik hergestellt und durch rastelektromikroskopische Aufnahmen charakterisiert. Mit Hilfe der Filme und eines Transport-Codes zwischen Target und dem RCF-Detektor lässt sich die Form des Protonenstrahls dreidimensional rekonstruieren.

P 28.10 Mi 17:30 Flure

Einfluss von Targetdicke und Laserstrahlprofil auf laserbeschleunigte Protonenstrahlen — ●M. SCHOLLMEIER¹, A. BLAŽEVIĆ², J.A. COBBLE³, J.C. FERNANDEZ³, K.A. FLIPPO³, D.C. GAUTHIER³, B.M. HEGELICH³, S. LETZRING³, M. ROTH¹ und J. SCHREIBER⁴ — ¹Institut für Kernphysik, TU Darmstadt — ²Gesellschaft für Schwerionenforschung, Darmstadt — ³Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, NM 87545, USA — ⁴Department für Physik der LMU München

Untersucht wurde die Änderung der Strahlparameter von laserbeschleunigten Protonenstrahlen bei der relativistischen Laser-Materie Wechselwirkung mit Folientargets unter Variation des transversalen Laserstrahlprofils sowie unterschiedlicher Targetdicke. So erzeugt ein elliptisches Laserstrahlprofil einen elliptisch geformten Protonenstrahl. Hierbei ist die lange Halbachse des Protonenstrahls um 90° gegenüber der langen Halbachse des Lasers gedreht. Dies kann durch Formung der Elektronenschicht bei der Target Normal Sheath Acceleration erklärt werden. Die Verwendung von mikrostrukturierten Targets verschiedener Dicke und ortsauflösenden Dosimetriefilmstapeln (Radiochromic Films, RCF) erlaubt die energieaufgelöste Bestimmung charakteristischer Strahlparameter wie Divergenz und transversale Emittanz der Protonenstrahlen. Bei Erhöhung der Targetdicke wird der Einfluss der Form des Laserfo-

kus geringer, so daß bei Targets über 50 µm Dicke ein nahezu runder Ionenstrahl erzeugt wird. Dies lässt Rückschlüsse auf den bis dato unverstandenen Elektronentransport durch das Target bei der Wechselwirkung von ultraintensiven Lasern mit Materie zu.

P 28.11 Mi 17:30 Flure

Ortsaufgelöste Bestimmung der Elektronendichte in lasererzeugten Plasmen mittels Laserinterferometrie — ●ALEXANDER PELKA¹, ABEL BLAŽEVIĆ², THOMAS HESSLING², DIETER H.H. HOFFMANN^{1,2}, RENATE KNOBLOCH¹, GONZALO RODRIGUEZ PRIETO², MARKUS ROTH¹, GABRIEL SCHAUMANN¹ und MARIUS SCHOLLMEIER¹ — ¹TU Darmstadt — ²GSI Darmstadt

Für Experimente zur Untersuchung der Wechselwirkung von schweren Ionen mit lasererzeugten Plasmen an der Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI) wurde ein Laserinterferometer aufgebaut, das eine zeit-scharfe und ortsaufgelöste Bestimmung der Elektronendichte im Plasma erlaubt. Verwendet wird ein Laser mit einer Pulslänge von 500 ps, der wahlweise mit 532 nm oder 354 nm (2ω bzw. 3ω) betrieben werden kann. Damit können Elektronendichten bis zu einigen 10^{20} mit einer Auflösung von etwa 20 µm dreidimensional bestimmt werden. Präsentiert werden der Aufbau sowie Ergebnisse von Experimenten mit Laserenergien von 10 J bis 80 J.

P 28.12 Mi 17:30 Flure

Detektorstudie für den Nachweis von gepulsten Schwerionenstrahlen bei MHz-Repetitionsraten — ●FELIX WAMERS¹, ABEL BLAŽEVIĆ², ELÈNI BERDERMANN², RENATE KNOBLOCH-MAAS¹, ALEXANDER PELKA¹, GABRIEL SCHAUMANN¹, MARIUS SCHOLLMEIER¹ und MARKUS ROTH¹ — ¹Institut für Kernphysik, TU Darmstadt, Schlossgartenstraße 9, 64289 Darmstadt — ²Gesellschaft für Schwerionenforschung mbH, Planckstraße 1, 64291 Darmstadt

Einer der Forschungsschwerpunkte der Abteilung Plasmaphysik an der GSI Darmstadt ist die Untersuchung der Wechselwirkung von Schwerionen mittlerer Energien (3-10 MeV/u) mit lasererzeugtem Plasma. Insbesondere der im Vergleich zum Festkörper erhöhte Energieverlust von schweren Ionen in Plasma ist Gegenstand experimenteller Untersuchungen.

Zu diesem Zweck soll ein neuer Detektor entwickelt werden, der kurze Ionenpulse (~ 3 ns FWHM) bei Repetitionsraten von 108 MHz mit einer hohen zeitlichen Auflösung (~ 1 ns) und bei niedrigen Strömen (~ 100 Teilchen pro Puls) nachweisen kann. Eine vielversprechende Möglichkeit dazu ist ein Halbleiterdetektor aus einer dünnen polykristallinen (PC) CVD-Diamantschicht. PC CVD-Diamant hat die Vorteile hoher Empfindlichkeit (13 eV pro erzeugtem Elektron-Loch-Paar) und hoher zeitlicher Auflösung (< 1 ns FWHM für α -Teilchen) bei sehr hoher Strahlungshärte. Der Einfluss von Detektorschichtdicke bzw. Eindringtiefe der Projektilionen auf Pulshöhen und Zählraten wird diskutiert.

P 28.13 Mi 17:30 Flure

Bremsstrahlung vs. Thomson scattering in VUV-FEL plasma experiments — ●CARSTEN FORTMANN¹, RONALD REDMER¹, HEIDI REINHOLZ¹, GERD RÖPKE¹, WOJZIECH ROZMUS², VOLKER SCHWARZ¹, and ROBERT THIELE¹ — ¹Institut für Physik, Universität Rostock — ²Department of Physics, University of Alberta, Edmonton

Thomson scattering is a powerful diagnostic tool for highly ionized dense plasmas. It will be used in VUV-FEL experiments at DESY to determine plasma parameters, such as density and temperature. On the other hand, thermal bremsstrahlung photons from the plasma form a non negligible background which has to be overcome by the Thomson signal. Thus, it is crucial to determine experimental conditions where the Thomson scattering signal is dominant against bremsstrahlung. This problem has so far been investigated by using classical expressions for the bremsstrahlung spectrum [1].

In this work, the bremsstrahlung spectrum is derived from linear response theory in a systematic manner [2]. Medium effects, such as screening and strong collisions, are accounted for. Thereby, we improve the standard formulas for bremsstrahlung used in previous works and provide a basis for future Thomson scattering experiments, e.g. the determination of threshold laser intensities. We show that the account of medium effects leads to larger threshold intensities as compared to previous work.

[1] H. A. Baldi, J. Dunn, and W. Rozmus. Rev. Sci. Inst. **73**, 4223 (2002).

[2] C. Fortmann, R. Redmer, H. Reinholz, G. Röpke, W. Rozmus, V. Schwarz, and R. Thiele (in preparation).

P 28.14 Mi 17:30 Flure

Entwicklung und Anwendung einer kompakten laserbasierten breitbandigen EUV-Plasmaquelle — ●LOTHAR KOCH und BERND WELLEGEHAUSEN — Institut für Quantenoptik, Universität Hannover

Die Halbleiterindustrie beabsichtigt, im nächsten Jahrzehnt EUV-Strahlung von laserinduzierten oder Entladungs-Plasmen, besonders bei 13,5 nm, für die Lithographie zu verwenden. Zur Zeit wird intensiv versucht, die dafür notwendigen Strahlungsflüsse zu erreichen und die nötigen optischen Komponenten zu entwickeln und zu verbessern.

Für die Vermessung solcher optischen Komponenten werden einfach anzuwendende Quellen und Spektrometer gebraucht. Wir berichten von der Entwicklung einer kompakten breitbandigen (10 - 50 nm) Laserplasma-EUV-Quelle, welche ein zylindrisches, galvanisch goldbeschichtetes Target mit 80 Stunden Standzeit verwendet.

Ein Problem, speziell bei Festkörperplasmen, ist die Entstehung von Debris, welches optische Komponenten in der Umgebung des Plasmas zerstören kann. Untersuchungen zu diesem Effekt, speziell zur Auswirkung von Golddebris auf einem goldbeschichteten Spiegel, und zur Debrisreduzierung werden vorgestellt, ebenso wie erste Anwendungen der Quelle, z.B. zur Charakterisierung von optischen Komponenten und in der Festkörperspektroskopie.

P 28.15 Mi 17:30 Flure

Experimentelle Bestimmung des Energiespektrums von lasererzeugten MeV-Ionenstrahlen mit Hilfe eines Thomsonparabel-Ionenspektrometers — ●KNUT HARRES¹, MARIUS SCHOLLMMEIER¹, FRANK NÜRNBERG¹, JÖRG SCHREIBER², MARKUS ROTH¹, ABEL BLAZEVIC³ und ERIK BRAMBRINK⁴ — ¹Institut für Kernphysik, TU Darmstadt — ²Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Garching — ³Gesellschaft für Schwerionenforschung, Darmstadt — ⁴Laboratoire d'Utilisation des Lasers Intenses, Palaiseau

Die von einem Laser beschleunigten MeV-Ionenstrahlen sollen in Bezug auf die Art der Ionen, deren Ladungszustand und deren Energie detektiert und charakterisiert werden. Dies erfolgt mit Hilfe einer Thomsonparabel (TP). Parallele E- und B-Felder separieren hierbei die Ionen nach ihrem Ladung zu Masse (q/m) Verhältnis. Die Detektion erfolgt dann durch eine MCP (micro channel plate). Im Gegensatz zu Kernspurplatten ermöglicht die MCP den Einsatz der TP in einem Lasersystem mit hoher Repetitionsrate (z.B. 10 Hz). Bei der Konstruktion der TP wurde ein Elektromagnet verwendet. Somit wird für verschiedene Teilchenarten eine optimale Energieauflösung möglich.

Eine genaue Kenntnis des Energiespektrums ist für Anwendungen der Nachbeschleunigung der Ionen und für die Nutzung als Ionenquelle notwendig.

P 28.16 Mi 17:30 Flure

System zur Manipulation von Staubkristallen unter Schwerelosigkeit — ●MATTHIAS WOLTER und ANDRE MELZER — Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald

In den zurückliegenden Jahren ist das Interesse an staubigen Plasmen enorm gewachsen. Nachdem die grundlegenden Phänomene wie Struktur und Kräftegleichgewicht bislang im Mittelpunkt der Untersuchungen standen, rücken nun mehr und mehr auch außergewöhnliche Phänomene in den Vordergrund. Dazu gehört auch die Beobachtung von Staubkristallen unter Schwerelosigkeit.

Ein System zur gezielten Manipulation von Staubeilchen mittels Laser haben wir erstmal entwickelt und auf Parabelflügen im September 2005 erfolgreich getestet.

Unser Manipulationssystem besteht aus einem ND:YAG-Laser mit einer Leistung von max. 600 mW bei 532 nm, einem optischen Fokussierungssystem und einem Galvanometerscanner. Der Laserstrahl kann durch den Galvanometerscanner so gesteuert werden, dass einzelnen Teilchen oder der gesamte Kristall angeregt werden können.

Mit Hilfe der in den Experimenten gewonnenen Videodaten war es uns möglich die Entstehung des Void genau zu beachten und die theoretischen Vorhersagen zur Staubverteilung und Dichte zu überprüfen. Außerdem konnten durch den Laser gezielte Veränderungen in der Voidkante und Struktur des Kristalles vorgenommen werden. Auch die Ausbreitung von Wellen und deren Beeinflussung durch den Laser waren Bestandteil unserer Experimente. Diese Arbeit wird von der DLR im Projekt 50WM0338 unterstützt.

P 28.17 Mi 17:30 Flure

Struktur von 3D Coulomb-Balls — ●SEBASTIAN KÄDING und ANDRÉ MELZER — Universität Greifswald, Institut für Physik, Domstraße 10a, 17489 Greifswald

In ein Plasma eingebrachte Partikel werden stark negativ aufgeladen und bilden unter dem Einfluß der elektrischen Wechselwirkung und weiterer wirkender Kräfte geordnete Strukturen. Nachdem es möglich ist, im Plasma auch 3D Coulomb-Balls zu erzeugen, wird nach Möglichkeiten gesucht, die dynamischen Eigenschaften dieser Plasmakristalle zu analysieren. Insbesondere bei Kristallen mit vielen Partikeln ist die Gewinnung von Daten zur Partikelverfolgung mit großem Aufwand verbunden. Wir nutzen hierfür ein System, das aus drei Hochgeschwindigkeitskameras besteht, die senkrecht zueinander angeordnet sind. Hiermit ist es möglich, die räumliche Struktur des Coulomb-Balls mit hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung zu bestimmen und seine Ordnungsprinzipien zu ermitteln. Die so erhaltenen Daten werden mit Simulationsrechnungen verglichen. Diese Arbeit wird gefördert von der DFG unter SFB TR 24, Projekt A3.

P 28.18 Mi 17:30 Flure

Particle charge measurements in 3D dust crystals. — ●YURI IVANOV and ANDRE MELZER — Institut fuer Physik, Ernst-Moritz-Arndt-Universitaet Greifswald

The physics of dusty plasma has attracted a growing interest in the last years. Particles immersed and confined in a laboratory plasma usually form 2D dust crystals. Very recently, spherical 3D coulomb clouds have been generated in laboratory experiments [1]. To levitate particles in the plasma bulk thermophoretic forces have been used. The charge of particles in such 3D crystals has been investigated. The usual charge measurement methods for 2D dust crystals base on the investigation of dynamical properties (resonance and normal mode methods). They are much more difficult to investigate in 3D crystals due to two main reasons: first, due to necessity of simultaneous determination of a series of 3D particle trajectories. The second reason is related to the fact that stable 3D Coulomb balls can be generated only at high gas pressure which implies strong damping of the dynamic properties. Nevertheless, we use laser manipulation techniques and normal mode analysis to study the charge and confinement of the dust particles in a Coulomb ball. The obtained results will be compared with simulations of the dust clouds.

Supported by DFG under SFB TR24, project A3.

[1] O. Arp, D. Block, A. Piel and A. Melzer, "Dust Coulomb balls: Three-Dimensional Plasma Crystals", Phys. Rev. Lett. 93 (2004) 165004

P 28.19 Mi 17:30 Flure

Digitale Inline Holographie von Coulomb balls — ●MATTES KROLL, DIETMAR BLOCK, OLIVER ARP und ALEXANDER PIEL — IE-AP, CAU Kiel, Olshausenstr. 40-60, 24098 Kiel

Die Strukturanalyse von 3D Systemen in komplexen Plasmen ist ein aktuelles Forschungsbiet von großem Interesse. Dabei stoßen die üblichen Verfahren der Videomikroskopie insbesondere bei der Untersuchung dynamischer Prozesse an ihre Grenzen. Um zeitlich aufgelöst die Partikelposition bestimmen zu können, bieten sich zwei Verfahren an: die Stereoskopie [1] und die Digitale Inline Holographie (DIH). Diese beiden Verfahren besitzen komplementäre Eigenschaften was die Zeitauflösung und Tiefenschärfe betrifft. Dieser Beitrag diskutiert den Aufbau und die Anwendbarkeit der digitalen Holographie auf Coulomb balls [2,3]. Die Ergebnisse experimenteller Vorstudien werden vorgestellt.

[1] S. Käding et al., diese Konferenz [2] D. Block et al., diese Konferenz [3] O. Arp et al., diese Konferenz

P 28.20 Mi 17:30 Flure

Molecular Dynamics simulations of screened Coulomb balls — ●VOLODYMYR GOLUBNYCHYI¹, MICHAEL BONITZ¹, GERALD SCHUBERT², and HOLGER FEHSKE² — ¹Institute of Theoretical Physics and Astrophysics, CAU-Kiel, Leibnizstrasse 15, 24098 Kiel, Germany — ²Institute of Physics, University of Greifswald, Domstr. 10a, D-17487 Greifswald, Germany

Molecular Dynamics and Langevin dynamics methods are applied to investigate mesoscopic systems of charged dust particles in a three-dimensional spherical parabolic confinement potential. Different types of dust-dust interactions are studied. We compare shell populations and shell radii with known theoretical models. Influence of screening effects on thermodynamical and geometrical properties are discussed. Known experimental results are also compared with numerical simulations [1]. It is shown that a model with statically screened dust-dust interaction and

confinement which does not depend on screening gives the best agreement with the clusters, observed in Ref.[2].

[1] M. Bonitz, D. Block, O. Arp, V. Golubnychiy, H. Baumgartner, P. Ludwig, A. Piel and A. Filinov, submitted to Phys. Rev. Lett., preprint at ArXiv: physics/0508212

[2] O. Arp, D. Block, A. Melzer and A. Piel, Phys. Rev. Lett. **93** 165004(2004)

P 28.21 Mi 17:30 Flure

Thermodynamic properties of screened Coulomb balls — ●HENNING BAUMGARTNER, ALEXEI FILINOV, and MICHAEL BONITZ — Institut für Theoretische Physik und Astrophysik, Leibnizstr. 15, D-24098 Kiel

We present an analysis of the influence of screening on the stability and melting behavior of spherical dust particle clusters (Coulomb balls) [1]. An explanation of our method to obtain thermodynamic properties and an analytical model [2] for the distance fluctuations and melting behavior of the Coulomb balls is given, which is compared to the Monte-Carlo simulation results. In particular, a modified coupling parameter [2] for screened interaction is presented. Furthermore, the influence of different confinements [3-4] on the melting of the Coulomb ball is discussed.

[1] O. Arp, D. Block, A. Melzer and A. Piel, Phys. Rev. Lett. **93** 165004 (2004)

[2] M. Bonitz, D. Block, O. Arp, V. Golubnychiy, H. Baumgartner, P. Ludwig, A. Piel and A. Filinov, submitted to Phys. Rev. Lett., preprint at ArXiv: physics/0508212

[3] H. Totsuji, T. Ogawa, C. Totsuji and K. Tsuruta, Phys. Rev. E **72** 036406 (2005)

[4] Z. Chen, M.Y. Yu and H. Luo, Physica Scripta **71**, 638-643 (2005)

P 28.22 Mi 17:30 Flure

Experimente zu ionenakustischen Wellen in einer Doppelpasmaanordnung — ●IMKE GOERTZ, FRANKO GREINER und ALEXANDER PIEL — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität, D-24098 Kiel

Ionenakustische Wellen werden mittels eines Gitters in der Tragkammer einer Doppelpasmaanordnung erzeugt und mit einer verschiebbaren Langmuirsonde phasenempfindlich detektiert. Wir untersuchen die Dispersion dieser Wellen in reinen Edelgasen und in Gegenwart negativer Ionen. Letztere führen zu einer Verarmung der Dichte n_e der freien Elektronen und hierdurch zu einer Zunahme der Phasengeschwindigkeit der Welle. Der Verarmungsparameter n_e/n_+ wird aus dem Verhältnis des Elektronen- zu Ionensättigungsstroms einer ebenen Langmuirsonde bestimmt. Die Elektronentemperatur, die in die ionenakustische Geschwindigkeit eingeht, folgt aus dem Anlaufbereich der Kennlinie. Das Fernziel dieser Studien ist ein Vergleich des Einflusses negativ geladener Staubteilchen mit dem negativer Ionen auf die Ausbreitungsgeschwindigkeit und Dämpfung ionenakustischer Wellen.

P 28.23 Mi 17:30 Flure

Experimente zur Synchronisation von staubakustischen Wellen — ●IRIS PILCH, THOMAS TROTTEBERG und ALEXANDER PIEL — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität Kiel, 24098 Kiel

Staubakustische Wellen treten in anodischen Plasmen als natürliche Instabilitäten mit Frequenzen im Bereich 20-30 Hz auf. Die Quelle freier Energie für diese Instabilität ist der axiale Ionenstrom. Die Frequenz dieser Moden kann durch Modulation der Anodenspannung auf eine vorgegebene Frequenz synchronisiert werden. Diese Methodik ist etabliert zur Messung der Dispersion staubakustischer Wellen. In diesem Beitrag untersuchen wir systematisch das Synchronisationsverhalten als Funktion von Modulationsfrequenz und Modulationsamplitude, bestimmen Arnold-Diagramme und diskutieren unvollständige Synchronisation an den Grenzen des Synchronisationsbereichs. Die Experimente werden mit Melaminpartikeln ($d \approx 1 \mu\text{m}$) in dem magnetisierten Plasma des MATILDA-2-Experiments durchgeführt. Aufbau und Parameteroptimierung werden beschrieben.

P 28.24 Mi 17:30 Flure

Aufbau und Charakterisierung eines Ferninfrarot-Resonators — ●STEFANIE SCHORNSTEIN¹, JENS RÄNSCH¹, CARSTEN PARGMANN² und JÖRG WINTER¹ — ¹Lehrstuhl für Experimentalphysik II, Ruhr-Universität-Bochum, D-44780 Bochum — ²Lehrstuhl für Experimentalphysik V, Ruhr-Universität-Bochum, D-44780 Bochum

Zur Untersuchung von geordneten Plasmakristallen soll die kollektive

Streuung elektromagnetischer Strahlung verwendet werden. Die Wellenlänge der Strahlung muß dafür in etwa dem Teilchenabstand entsprechen. Die 3D-Plasmakristalle haben eine Gitterkonstante von $100 \mu\text{m}$ bis $500 \mu\text{m}$. Für die Streumessungen verwenden wir deshalb Ferninfrarot(FIR)-Strahlung. Zur Erzeugung dieser Strahlung wurde ein FIR-Laser-System entwickelt, das einen kommerziellen CO₂-Laser als Pumpquelle verwendet. Dieser erzeugt eine Besetzungsinversion zwischen zwei Rotationsniveaus im angeregten Vibrationsniveau organischer Moleküle wie z.B. Methanol (CH₃OH) und Ameisensäure (HCOOH).

Das Design und der Aufbau des Ferninfrarot-Resonators, sowie erste Messungen und Ergebnisse zur FIR-Strahlqualität und Leistung werden vorgestellt und diskutiert.

P 28.25 Mi 17:30 Flure

Influence of dust particles on metastable neon density in radio frequency discharge — ●HOANG TUNG DO¹, HOLGER KERSTEN², and RAINER HIPPLER¹ — ¹Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Domstraße 10a, 17489 Greifswald, Germany — ²INP Greifswald, Friedrich-Ludwig-Jahn-Straße 19, 17489 Greifswald, Germany

Density and temperature of Ne metastables produced in a radio frequency reactor with neon as working gas were spatially investigated by means of tunable diode laser absorption spectroscopy (TDLAS). The experiments have been performed in the PULVA1 reactor which is designed for the study of complex (dusty) plasma. The plasma glow was located in the region above the planar aluminum rf-electrode (\varnothing 130mm). The wall of the spherically shaped reactor vessel (\varnothing 400mm) served as grounded electrode. The 13.56 MHz rf-power was supplied by a generator in combination with an automatic matching network. The rf discharge power was varied between 1 and 50 W.

The interaction of the micro-sized particles confined in radio frequency plasma with the plasma was investigated. Silicon oxide particles with a diameter of $10 \mu\text{m}$ were trapped in the sheath above the rf electrode. The observations provide evidence for a significant interaction between metastable atoms and injected micro-disperse powder particles which are important for energy transfer from plasma to the particles

P 28.26 Mi 17:30 Flure

Acting on flute modes and drift waves : open-loop synchronization and generation of turbulence — ●FREDERIC BROCHARD¹, GERARD BONHOMME², and ETIENNE GRAVIER² — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Ass., 17491 Greifswald — ²LPMIA, Universite Henri Poincare, Nancy, France

Flute modes and drift wave dynamics are experimentally investigated in a low- β magnetized cylindrical plasma. A spatiotemporal open-loop synchronization method, successfully tested on drift wave turbulence [1], is applied to flute modes [2]. Control is reached using an octupole exciter, which generates an azimuthally rotating electric field of the same order of magnitude as the one due to the fluctuations. Weakly turbulent Kelvin-Helmholtz and Rayleigh-Taylor states are synchronized in a satisfactory way. However, the efficiency of the control is shown to depend on the relative distance to the exciter and to the location of the velocity shear layer. The eight-plates exciter can be used to destabilize regular modes as well. By adding an incommensurate frequency to the drift-mode, the Ruelle-Takens route to turbulence is easily recovered as the amplitude of the exciter is increased.

[1] C. Schröder et al., Phys. Rev. Lett. **86**, 5711 (2001)

[2] F. Brochard et al., Phys. Plasmas **12**, 062104 (2005)

P 28.27 Mi 17:30 Flure

First numerical description of self-organised patterns in ac gas-discharge — ●LARS STOLLENWERK¹, SHALVA AMIRANASHVILI¹, JEAN-PIERRE BOEUF², and HANS-GEORG PURWINS¹ — ¹Institut für Angewandte Physik, Corrensstr. 2/4, 48149 Münster — ²CPAT, 118 route de Narbonne, 31 062 Toulouse Cedex, France

In this work a dielectric barrier gas discharge system consisting of a narrow discharge gap between large area electrodes is regarded. We use a classical drift-diffusion model for electrons and one ion species to describe the helium discharge. The model is solved in two and three dimensions. All model parameters and also the boundary conditions reflect realistic experimental conditions. The numerical simulations describe the genesis of periodic patterns during several tenth of breakdowns. In the experimental part of this work the onset of self-organised structures in the corresponding system was observed with a high speed camera. We find a good agreement between experimental and numerical results. This is the first time that a self-organised pattern in a planar ac gas-discharge

system can be described theoretically in a quantitative manner.

P 28.28 Mi 17:30 Flure

A unified kinetic picture for collisional and non-collisional heating in capacitively coupled plasma — ●RALF PETER BRINKMANN and FRANK HAMME — Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, Center for Plasma Science and Technology CPST, Ruhr-Universität Bochum, D-44780 Bochum

The industrial production of micro-electronics circuits frequently employs capacitively coupled plasmas (CCP's) in a regime where both collisional and non-collisional heating is present (transition regime $p \approx 1 - 10$ Pa). In this contribution we present a unified kinetic model of both heating mechanisms, thus bridging the gap between the previously treated cases of the local regime ($p \gg 10$ Pa) where only Ohmic (collisional) heating is present, and the so-called non-local regime ($p \ll 1$ Pa) which exhibits only non-Ohmic heating. The analysis of the presented description shows that Ohmic heating naturally appears in the formalism as volume term. The derived boundary condition for the underlying plasma bulk equations, on the other hand, describes non-Ohmic ("stochastic") energy dissipation in the sheath and the pre-sheath. The sheath and the pre-sheath contributions can be uniquely separated, they may be identified with the "Fermi acceleration" and "pressure heating" of previous investigations of Lieberman and Godyak, and Turner, respectively.

P 28.29 Mi 17:30 Flure

Reduced description of complex systems — ●SHALVA AMIRANASHVILI, SVETLAVA GUREVICH, and HANS-GEORG PURWINS — Institut für Angewandte Physik, Münster, Germany

We discuss how to reduce the complexity of a spatially extended dissipative system on the example of a glow discharge system. The latter exhibits the formation of dissipative solitons in the form of current spots, e.g., anode spots. Starting from the basic discharge equations we systematically derive the reduced model and quantitatively compare the corresponding solutions with the numerical solutions of the original system. We also discuss "slow" physical phenomena that can be properly investigated only within the reduced equations, e.g., the expansion of the spots and the velocity selection problem.

P 28.30 Mi 17:30 Flure

Optimization of electron trajectories in a cold-cavity gyrotron resonator — ●RITA MEYER-SPASCHE¹, MARKUS GOETZ¹, and CHRISTOPH BUESKENS² — ¹MPI für Plasmaphysik, 85748 Garching — ²Zentrum für Technomathematik, U Bremen

A system of initial value problems is considered which describes electron trajectories in a cold-cavity gyrotron resonator. First a parameter-dependent simplified dynamical system is analysed. Then two different optimizations of the η_{\perp} -efficiency of the gyrotron are discussed: parameter optimization with given forcing term and deformation of the forcing term by optimal control.

Specific features of the problem are: the number of equations corresponds to the number of electrons in the beam - should be LARGE; bang-bang control is not possible because of the physics of the problem.