

P III: Poster: Diagnostik, Theorie, Schwerionen- und lasererzeugte Plasmen, Sonstiges

Zeit: Dienstag 11:00–13:00

Raum: Poster C3

P III.1 Di 11:00 Poster C3

W Spektroskopie für ASDEX Upgrade, JET und ITER — ●RUDOLF NEU, THOMAS PÜTTERICH, RALPH DUX und ASDEX UPGRADE TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Euratom Assoziation, Boltzmannstr.2, 85748 Garching

In einem zukünftigen Fusionsreaktor ist Wolfram einer der Hauptkandidaten für den Schutz plasmabelasteter Komponenten. Um die Plasmakompatibilität von W zu untersuchen, wurde ASDEX Upgrade für die Messkampagne 2007 vollkommen mit W beschichteten Graphitziegeln ausgestattet. Der quantitativen Diagnostik des Verhaltens von W im Hauptraumplasma kommt dabei besondere Bedeutung zu. Mithilfe spektroskopischer Messungen im vakuum-ultravioletten Spektralbereich, sowie im Bereich weicher Röntgenstrahlung lassen sich Spektrallinien nachweisen, die von Xe- bis Fe-ähnlichen Wolframionen stammen. Damit erschließt sich praktisch der ganze Elektronentemperaturbereich (500 - 5000 eV), der in ASDEX Upgrade Entladungen erreicht wird. Während sich mit diesen Spektrallinien auch ein Großteil des Arbeitsbereichs von JET in den zukünftigen Experimenten mit W divertor abdecken lässt, müssen für die Diagnostik von W im Zentralplasma von ITER Emissionen im Bereich von Ne-ähnlichem W herangezogen werden. Einige dieser, mithilfe des Cowan-Codes vorhergesagten Spektrallinien, konnten erstmals in speziellen Entladungen mit Elektronentemperaturen von über 10 keV (Elektronen-ITB) nachgewiesen werden.

P III.2 Di 11:00 Poster C3

Spektroskopische Bestimmung des radialen elektrischen Feldes am Plasmarand — ●BERND LANGER, ELISABETH WOLFRUM, RAINER FISCHER und ASDEX UPGRADE TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM, Boltzmannstr. 2, 85748 Garching, Deutschland

Es wird eine Methode zur Bestimmung des radialen elektrischen Feldes am Plasmarand vorgestellt. Sie basiert auf passiver Spektroskopie anhand mehrerer Sichtlinien und kann somit ohne die aufwändige Installation eines Teilchenstrahls an einem bestehenden Experiment durchgeführt werden. Es wird das Linienspektrum der He II-Linie ausgewertet, indem durch einen integrierten Bayes'schen Ansatz eine Entfaltung der Spektren aller vorhandenen Sichtlinien durchgeführt wird. Somit wird eine konsistente Fehlerberechnung gewährleistet und das Einbeziehen zusätzlicher Informationen ermöglicht.

Mit Hilfe des Optikkopfes der Li-Strahl Diagnostik konnten an ASDEX Upgrade bereits erste Ergebnisse an einer Entladung gewonnen werden, welche für eine ausführliche Analyse der vorgestellten Methode verwendet wurden. Abschließend werden die geplanten Verbesserungen vorgestellt.

P III.3 Di 11:00 Poster C3

Einfluß des Sondenschafes auf die Bestimmung der Plasmaparameter — ●OLE WALDMANN¹ und GERD FUSSMANN^{1,2} — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, TI Greifswald — ²Institut für Physik der Humboldt Universität zu Berlin

Langmuirsonden zeichnen sich durch ihre hohe räumliche und örtliche Auflösung aus. Nachteilig erweist sich hingegen, daß es sich um eine invasive Diagnostik handelt, die das sie umgebende Plasma beeinflusst. Neben dem Einfluß der Sondenspitze ist auch der des Sondenschafes nicht zu vernachlässigen. Diesen Einfluß haben wir am linearen Plasmagenerator PSI-2 untersucht. Das stationär in einer Hochstrombogenentladung erzeugte Plasma wird mittels Magnetfeld ($B = 0.1$ T) eingeschlossen. Im Rahmen dieser Arbeit wurden vor allem Argonplasmen mit $n_e = 10^{18} \text{ m}^{-3}$ und $T_e = 3 \text{ eV}$ verwendet.

Eingesetzt wurden zwei Einfachsonden in zwei verschiedenen Konfigurationen. In der ersten Konfiguration befanden sich beide Sonden in derselben Ebene, jedoch unter einem azimuthalen Winkel verkippt. In der zweiten schlossen die beiden Sonden keinen azimuthalen Winkel ein, waren dafür aber axial separiert.

Es stellte sich heraus, daß die Elektronentemperatur von der Anwesenheit der zweiten Sonde nur gering beeinflusst wird, wohingegen die Elektronendichte um bis zu 30% sank. Mittels eines globalen Teilchenmodells, in dem die Schäfte als zusätzliche Teilchensenken behandelt wurden, konnten diese Beobachtungen erklärt werden. Besonders auffallend war die Tatsache, daß der Einfluß hauptsächlich globaler Natur war, was auf einen großskaligen Effekt schließen lässt.

P III.4 Di 11:00 Poster C3

Particle-in-Cell-Modell für Langmuirsondenmessungen in HF-Quellen zur Produktion negativer Wasserstoffionen — ●DIRK WÜNDERLICH, URSEL FANTZ und NNBI-TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, 85748 Garching, EURATOM Assoziation

Die Injektion schneller Neutralteilchen hat einen erheblichen Anteil an Heizung und Stromtrieb in magnetisch eingeschlossenen Fusionsexperimenten. Für ITER sind Neutralteilcheninjektoren in Entwicklung, die auf negativen Ionen basieren. Die negativen Ionen werden in einem Niedertemperaturplasma ($T_e < 2 \text{ eV}$, $n_e < 5 \cdot 10^{17} \text{ m}^{-3}$, $p < 0.5 \text{ Pa}$) erzeugt, hauptsächlich durch den Oberflächenprozess an dem mit Cäsium bedeckten Plasmagitter. Daher ist eine Korrelation zwischen Plasmahomogenität und Beamhomogenität zu erwarten. Diese Korrelation wird an den Testständen des IPP Garching mittels verschiedener Diagnostikmethoden untersucht. Dazu gehören orts aufgelöste Messungen von T_e , n_e und $n(\text{H}^-)$ mit Langmuirsonden bzw. dem auf Sondenmessungen aufbauenden Verfahren des Laser-Photodetachments. Da das Plasma durch Einkoppeln eines HF-Feldes erzeugt wird, ein magnetisches Filterfeld vorhanden ist sowie das Plasma aus mehr als zwei geladenen Teilchensorten besteht, ist die Interpretation von Sondenmessungen im Vergleich zur klassischen Sondentheorie erschwert. Um die Interpretation zu unterstützen, wurden numerischen Rechnungen mit einem eindimensionalen Particle-in-Cell (PIC) Code durchgeführt. Der verwendete Code sowie die Ergebnisse werden vorgestellt und diskutiert.

P III.5 Di 11:00 Poster C3

Untersuchung der Bernstein-Wellen-Heizung mit einer Arrayantenne am Torsatron TJ-K — ●HENDRIK HÖHNLE, GREGOR BIRKENMEIER, EBERHARDT HOLZHAUER, ACHIM JOOSS, WALTER KASPAREK, ALF KÖHN, HELGA KUMRIC und ULRICH STROTH — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart, D-70569 Stuttgart

Bernstein-Wellen sind elektrostatische Wellen, die zum Heizen eines überdichten Plasmas an der Zyklotronresonanz eingesetzt werden können. Die Bernstein-Welle kann durch Konversion einer außerordentlichen Welle an der oberen Hybridresonanz erzeugt werden. Die außerordentliche Welle entsteht aus einer von der Niederfeldseite eingestrahlten ordentlichen Welle am O-Cutoff. Die Effizienz der O-X-Konversion ist anhängig vom Winkel zwischen einfallendem Wellenvektor der ordentlichen Welle und der Richtung des Magnetfeldes am O-Cutoff.

Um am Torsatron TJ-K die O-X-B-Konversion zu untersuchen, wurde eine frequenzgesteuerte Arrayantenne entwickelt, mit deren Hilfe man den Einstrahlwinkel im Bereich -45 bis $+45$ Grad in Abhängigkeit der Frequenz von 7,90 bis 8,40 GHz einstellen kann.

Der Aufbau der Antenne, die Resultate von Elektronentemperatur und Dichteprofilmessungen sowie Modulationsexperimente und Monopolantennenmessungen werden vorgestellt.

P III.6 Di 11:00 Poster C3

Experimente und Modellierung von Transportprozessen in toroidalen Plasmen — ●GREGOR BIRKENMEIER, HENDRIK HÖHNLE, ALF KÖHN, MIRKO RAMISCH und ULRICH STROTH — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart

Die Untersuchung von Transportprozessen in toroidalen Fusionsplasmen stellt im Hinblick sowohl auf Messungen als auch auf die theoretische Behandlung seit jeher eine Herausforderung dar. Im Torsatron TJ-K können Niedertemperaturplasmaentladungen ($T < 10 \text{ eV}$) in toroidaler Geometrie untersucht werden. Dabei sind die relevanten Plasmaparameter mit Hilfe von Langmuir-Sondenmessungen im kompletten Plasmavolumen zugänglich.

Für Transportstudien wurde eigens ein Multi-Langmuir-Sonden-Array konstruiert und im Torsatron TJ-K eingesetzt. Auf der Zeitskala von wenigen Mikrosekunden können damit Poloidalprofile des toroidalen Plasmas aufgenommen werden.

Zur Analyse von Daten wurde ein Simulationsprogramm erstellt, das aus Energie- und Teilchenerhaltung die zeitabhängigen Plasmaprofile berechnet. Gemessene Gleichgewichtsprofile konnten mit diesem Programm reproduziert werden.

Im Rahmen von Modulationsexperimenten wurden transportrelevante Größen (Transportkoeffizienten, Einschusszeiten) bestimmt. In weiteren Untersuchungen konnte aus Modulationsexperimenten das Heizprofil der ECRH-Mikrowellenheizung bestimmt werden.

P III.7 Di 11:00 Poster C3

Winkelabhängigkeit der reflektierten Leistung bei Doppler-Reflektometrie in turbulenten Plasmen — ●CARSTEN LECHTE¹, GARRARD CONWAY² und ULRICH STROTH¹ — ¹Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart, 70569 Stuttgart — ²MPI für Plasmaphysik, 85748 Garching

Die Dopplerreflektometrie ist eine berührungslose Diagnostik zur Messung von Dichtefluktuationen und Flussgeschwindigkeiten im Plasma. Mikrowellen werden schräg zum Dichtegradienten eingestrahlt, an den Dichtefluktuationen nahe der Cutoff-Schicht gestreut und dopplerverschoben. Aus der Dopplerverschiebung wird in Fusionsplasmen die poloidale Geschwindigkeit des Plasmas ermittelt und damit auf das radiale elektrische Feld geschlossen.

In Anwesenheit starker Fluktuationen wird die Antwort des Plasmas durch Dispersion und Mehrfachstreuung stark nichtlinear, so dass quantitative Untersuchungen nur mit Hilfe von 2D- oder 3D-Simulationen der Maxwell-Gleichungen im kalten Plasma möglich sind.

Mit dem Finite-Differenzen-Code IPF-FD3D wird die Abhängigkeit der reflektierten Leistung von den Plasmaverhältnissen untersucht. Diese hängt unter anderem von der Steilheit des Dichtegradienten, der Fluktuationsstärke und der Polarisierung ab. Ziel ist eine absolute Messung der Dichtefluktuationsstärke in Abhängigkeit von der Wellenzahl.

P III.8 Di 11:00 Poster C3

Diagnostik an einer Breitstrahlionenquelle — ●VIKTOR SCHNEIDER¹, IULIAN TELIBAN¹, THOMAS TROTTEBERG¹, HOLGER KERSTEN¹, HORST NEUMANN², MICHAEL TARTZ² und FRANK SCHOLZE² — ¹Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, IEAP, Leibnizstraße 19, D-24098 Kiel — ²Leibniz-Institut für Oberflächenmodifizierung, Permoser Straße 15, D-04318 Leipzig

Ionenstrahlquellen werden industriell für die Bearbeitung von Oberflächen eingesetzt. Beispiele hierfür sind das Ätzen mit Ionenstrahlen, Ionenstrahlabscheidung und die Ionenstrahlunterstützte Abscheidung. Oft sind die betreffenden Ionenquellen jedoch nicht umfassend charakterisiert, insbesondere hängt die Strahlneutralisierung wesentlich von den experimentellen Bedingungen ab, unter denen die Ionenquelle verwendet wird. Eine genauere Kenntnis der Ionenstromdichte und der Ionenenergieverteilung, jeweils mit Ortsauflösung, ist aber Voraussetzung für die Optimierung der Prozesse in solchen Anlagen. In diesem Beitrag wird über Diagnostiken in einem Experiment mit einer Ionenquelle berichtet, die für den industriellen Einsatz entworfen wurde. Es handelt sich dabei um eine ECR-Ionenquelle, die mit Hilfe von Gittern die Ionen aus einem ECR-erzeugten Plasma extrahiert. Der Druck in der Strahlkammer von etwa $4 \cdot 10^{-2}$ Pa führt zu Ionen-Neutralteilchen-Stößen, die das Strahlprofil mit zunehmendem Abstand von der Quelle beeinflussen. Aufgrund der Stöße der Strahlionen mit der Kammerwand entstehen Sekundärelektronen, weshalb ein Plasma in der gesamten Strahlkammer nachgewiesen werden kann. Zur Diagnostik werden Langmuir-Sonden, Energieanalysatoren und Thermosonden eingesetzt.

P III.9 Di 11:00 Poster C3

Energieeintrag durch Neutralteilchen in einem ECR-Plasma — ●MATTHIAS WOLTER¹, THOMAS SCHWARZ-SELINGER², WOLFGANG JACOB² und HOLGER KERSTEN¹ — ¹Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität Kiel, 24098 Kiel — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Boltzmannstraße 2, 85748 Garching bei München

Bei der Abscheidung von dünnen Schichten mit Plasmaprozessen bestimmt der Energieeintrag auf die Substratoberfläche wesentlich die Substrattemperatur und damit die Effizienz und das Zusammenwirken der Elementarprozesse (Adsorption, Diffusion, chemische Reaktionen) wie auch die Mikrostruktur und die Stöchiometrie der Schichten. Der Energieeintrag geladener Teilchen lässt sich relativ einfach bestimmen, der Energieeintrag neutraler Teilchen (Ladungsaustauschneutrale, Metastabile und Radikale) ist aber schwer zugänglich.

Am Beispiel einer Elektron-Zyklotron-Resonanz-Entladung (ECR) wurde der totale Energieeinstrom auf das Substrat mit einer Thermosonde gemessen. Die Energieverteilung der auf das Substrat auftreffenden Ionen sowie die gesamte Ionenstromdichte wurden mit einem elektrostatischen Gegenfeldanalysator bestimmt. Es wurden Messungen mit unterschiedlicher Substratvorspannung für Entladungen in Argon, Deuterium, Stickstoff, Sauerstoff und Methan mit unterschiedlichen Substratmaterialien durchgeführt. Aus dem Vergleich der beiden Diagnostiken lässt sich der Energieeintrag der neutralen Teilchen ermitteln.

P III.10 Di 11:00 Poster C3

Luminescent micro-particles as thermal plasma probes — ●HORST MAURER¹, HOLGER KERSTEN², and RALF BASNER¹ — ¹INP Greifswald, Felix Hausdorff - Str. 2, 17489 Greifswald, Germany — ²IEAP, University of Kiel, Leibnitzstr. 19, 24118 Kiel, Germany

The equilibrium temperature of micro-particles, immersed in a plasma, is determined by the sum of several energy fluxes between the surrounding plasma and the particle surface. The surface temperature of particles is crucial in etching and deposition processes as well as in surface modification and catalytic properties and a proper technique for spatially resolved temperature measurements would be desirable. Furthermore, flux densities can be influenced by the variation of gas composition and plasma parameters, thus giving access to verify existing plasma models.

The principle of a non-invasive temperature measurement is presented, using luminescent phosphor particles. Some suitable phosphors were found, which show temperature dependent features of radiation. Those features will be discussed with respect to their feasibility for particle temperature measurements in plasma, and first experimental results will be presented.

The plasma reactor PULVA-INP is particularly suitable for parametric measurements of particle temperatures inside the plasma. An adaptive electrode, which consists of more than 100 pixels, each of which can be impinged on a distinct DC-voltage, enables modifying the sheath and manipulating immersed phosphor particles in real time.

P III.11 Di 11:00 Poster C3

Whispering-Gallery-Mode Spectroscopy on microparticles levitated in a plasma — ●GABRIELE THIEME¹, RALF BASNER¹, JÖRG EHLBECK¹, JÜRGEN RÖPCKE¹, HOLGER KERSTEN², JONATHAN P. REID³, and PAUL B. DAVIES⁴ — ¹INP Greifswald, F.-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald — ²IEAP, Christian-Albrechts-Universität Kiel, 24098 Kiel — ³School of Chemistry, University of Bristol, Bristol BS8 1TS, UK — ⁴Department of Chemistry, University of Cambridge, Cambridge CB2 1EW, UK

Whispering-Gallery-Mode Raman Spectroscopy is a non-invasive diagnostic technique for the characterisation of size and chemical composition of spherical particles of sizes between ca. 5 and 100 μm . By means of a pulsed laser whispering gallery modes are excited within the particles which lead to an enhanced Raman signal at characteristic wavelengths. We show that this method can be used to gain information in particular from the particle surface. Therefore it is of great interest for the characterisation of thin layers deposited on microparticles, e.g. in molecular plasmas. We present investigations of different microparticles in air and results from particles levitated in an Argon rf-plasma.

P III.12 Di 11:00 Poster C3

Parametrisierung des Ionenstroms von Langmuirsondenkennlinien — ●BIRGER BUTTENSCHÖN, OLIVER ARP und ALEXANDER PIEL — IEAP, CAU Kiel, D-24098 Kiel

Langmuirsonden sind eine der verbreitetsten Methoden zur Bestimmung von Plasmaparametern in Gasentladungen. Abhängig von Temperatur der Ladungsträger und Teilchendichte im Plasma verwendet man für die Auswertung der Kennlinien Theorien wie Orbital-Motion-Limit [1] oder Radial-Motion [2]. Oftmals werden zur Auswertung der Kennlinie analytische Verfahren eingesetzt, die aber aufgrund des hohen Rechenaufwandes nicht für eine Online-Auswertung aufgenommener Kennlinien geeignet sind. Dieser Beitrag stellt eine Parametrisierung der Ionenströme der Radial-Motion-Theorie vor, mit deren Hilfe eine schnelle Kennlinienauswertung am Experiment realisiert werden ist. Gefördert durch DLR unter 50WM0739.

[1] J.G. Laframboise, UTIAS Report 100 (1966) [2] J.E. Allen, R.L.F. Boyd, P. Reynolds, Proc. Roy. Soc. 70, 297 (1957)

P III.13 Di 11:00 Poster C3

Zur Stabilität der homogenen Säule einer zylindrischen Sauerstoff-Entladung — ●BENJAMIN MAY, BERNDT BRUHN, JOHANNES MARBACH und ANDREAS RICHTER — Institut für Physik, Universität Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 6, 17489 Greifswald

Ausgehend von einer hydrodynamischen Beschreibung von Plasmen elektronegativer Gase wird die Stabilität des homogenen Zustandes in einer Sauerstoff-Entladung untersucht. Das Modell bilanziert Elektronen, positive und negative Ionen, metastabile Moleküle als Detachment-Partner und die mittlere Elektronenenergie. Ausgehend vom homogenen Zustand (H-Form) wird gezeigt, dass der Übergang von der H- in die T-Form durch eine Attachment induzierte In-

stabilität beschrieben werden kann. Mathematisch ist dieser Übergang mit einer Hopf-Bifurkation verknüpft. Die Parameterabhängigkeit der Instabilitätsfenster wird explizit berechnet und mit experimentellen Werten verglichen.

P III.14 Di 11:00 Poster C3

Multichannel photon counting system for time-resolved Thomson scattering plasma diagnostics — ●VICTOR GORSHELEV and HENNING SOLTWISCH — Ruhr Universität, Bochum, Germany

Thomson scattering is a non-intrusive method to determine electron temperature and electron density of a plasma. Being a standard diagnostic for high temperature and high density plasmas, attempts have been made to apply Thomson scattering to low temperature discharges like ECR-, ICP- and RF capacitively coupled discharges during the recent years.

However, experimental conditions (low scattered signal level, intensive background emission) require the use of sophisticated instrumentation. A double monochromator is utilized to suppress the plasma background radiation. Multichannel photomultiplier system serves for simultaneous photon counting and further signal processing.

Implementation and operation of this technique on RF discharges in Argon will be presented.

P III.15 Di 11:00 Poster C3

Resonanzspektroskopische Diagnostikmethoden: Multipol-Resonanzsonde vs. Hairpin Resonator — ●MARTIN LAPKE, THOMAS MÜSSENBRÖCK und RALF PETER BRINKMANN — Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, 44780 Bochum

Resonanzspektroskopische Diagnostikmethoden werden in Niedertemperaturplasmen seit Langem zur Bestimmung der Elektronendichte erfolgreich eingesetzt. Der Hairpin-Resonator [1] nutzt in diesem Zusammenhang die Verstimmung der Vakuum-Resonanzfrequenz, die Multipol-Resonanzsonde [2] regt direkt eine bestimmte Resonanz an und ermöglicht somit eine Bestimmung der Elektronendichte.

Um eine Kalibrierung sinnvoll vornehmen zu können, ist das Verständnis zugrundeliegender, fundamentaler Phänomene von elementarer Bedeutung. Ziel dieses Beitrags ist es zu zeigen, welche Konsequenzen die Lage der Resonanzen auf eine elektromagnetische bzw. elektrostatische Beschreibung haben.

[1] Piejak et. al., J. Appl. Phys. **95**, Issue 7, 2004

[2] Lapke et. al., Proceedings of the 28th. ICPIG, 2007

P III.16 Di 11:00 Poster C3

Bestimmung von Quenchratenkoeffizienten mittels phasenaufgelöster Emissionsspektroskopie in Radiofrequenz-Entladungen — ●HENRIK BÖTTNER¹, LUCAS SCHAPER², TIMO GANS², VOLKER SCHULZ-VON DER GATHEN¹ und JÖRG WINTER¹ — ¹Institut für Experimentalphysik II, Ruhr-Universität Bochum — ²Centre for Plasma Physics, Queen's University Belfast

Insbesondere bei den heute im Zentrum des Interesses stehenden Atmosphärendruck- und Mikroentladungen spielen Stöße für die Dynamik vieler Prozesse eine herausragende Rolle. So beeinflusst die Stoßabregung (Quenching) die Besetzung angeregter Niveaus, deren exakte Kenntnis für die Auswertung optischer Verfahren wie Emissionsspektroskopie, aber auch von Laserverfahren, wie Laser-induzierte Fluoreszenz, von maßgeblicher Bedeutung ist. Eine übliche aber aufwendige Methode stellt die Bestimmung über die Messung der Lebensdauer angeregter Niveaus nach Laseranregung dar. Bei den hier vorgestellten Experimenten werden mit Hilfe von phasenaufgelöster Emissionsspektroskopie an kapazitiv-gekoppelten RF-Entladungen Quenchratenkoeffizienten für Edelgase in Wasserstoff und Sauerstoff bestimmt. Verglichen werden weiterhin Ergebnisse, die bei einigen hundert Pa in einer Niederdruck- und in einer Atmosphärendruck-Entladung ermittelt wurden.

[1]T. Gans, Chun C. Lin, V. Schulz-von der Gathen and H.F. Döbele, J. Phys. D: Appl. Phys. **34** (2001) L39 - L42

P III.17 Di 11:00 Poster C3

Produktanalyse der Plasmaaminierung mittels kombinierter CRD und 2D-LIF Spektroskopie — ●MARTIN VISSER und ANDREAS SCHENK — Institut für Physikalische und Theoretische Chemie, TU Braunschweig, Deutschland

In früheren Arbeiten konnten Mikrostrukturierte Elektrodensysteme (MSE) als Plasmaquelle für einen weiten Druckbereich (bis 500 mbar)etabliert und in vielfältigen Anwendungsgebieten, wie z.B. Abgasnachbehandlung (Abbau von NO, CF₄)und Ober-

flächenmodifikation (DLC-Schichten, Quarzschichten auf Cu, Si, und Polymeren) erfolgreich getestet werden. Gegenstand der aktuellen Untersuchung ist die Plasmaaminierung von Polymeren. Von besonderem Interesse ist dabei die Konzentration reaktiver Intermediate (NH-Radikale) im Plasma. Unser Ziel ist die Kombination zweier etablierter Techniken - CRD und 2D-LIF - um die räumliche Verteilung der Spezies, sowie deren absolute Konzentration bestimmen zu können. Als Plasmaquelle dient ein einfacher Plattenkondensator, das Plasma wird mit 13.56 MHz bei Drücken zwischen 20 und 100 mbar in Gasgemischen He,Ar/N₂/H₂ oder He,Ar/NH₃ mit einem Reaktivgasanteil von maximal 5% gezündet. Zum Nachweis der Radikale wird ein Nd-YAG gepumpter Dye-Laser mit nachgeschaltetem Autotracker bei einer Wellenlänge von etwa 333 nm verwendet. CRDS liefert dabei die absolute Konzentration, um die räumliche Verteilung zu erhalten wird ein Laserfächer erzeugt und die erzeugte Fluoreszenz auf einer ICCD-Kamera abgebildet.

P III.18 Di 11:00 Poster C3

Untersuchung diagnostischer Methoden an einem nichtneutralen Plasma — ●KATHRIN SCHULTE, OLIVER MEUSEL, MARTIN DROBA und ULRICH RATZINGER — Institut für Angewandte Physik, Max-von-Laue-Strasse 1, Frankfurt, D-60438

In einer Gabor-Linse kann durch geeignete Wahl externer magnetischer und elektrischer Felder ein nichtneutrales Plasma eingeschlossen werden. Das elektrische Eigenfeld dieses einkomponentigen Plasmas wird zur Fokussierung von Ionenstrahlen verwendet, wobei die Abbildungseigenschaften eng mit dem thermodynamischen Verhalten des nichtneutralen Plasmas (NNP) gekoppelt sind. Zur Untersuchung von diagnostischen Methoden zur Bestimmung der Parameter des NNP wurde ein Experiment aufgebaut, bei dem vor allem mit berührungsfreien Verfahren die Plasmaparameter bestimmt werden sollen. Neben einer kurzen Beschreibung der einzelnen Methoden werden Messergebnisse vergleichend interpretiert.

P III.19 Di 11:00 Poster C3

Wasserstoff-Helium Mischungen unter hohem Druck — BASTIAN HOLST, ANDRE KIETZMANN, ●WINFRIED LORENZEN, NADINE NETTELMANN und RONALD REDMER — Universität Rostock, 18051 Rostock

Eine zentrale Rolle bei der Modellierung großer Planeten wie Jupiter und Saturn spielt die Zustandsgleichung (EOS) von Wasserstoff-Helium-Mischungen bis zu hohen Drücken von etwa 40 Mbar. Die Untersuchung von Materie unter solchen extremen Bedingungen ist eine enorme Herausforderung sowohl für die Hochdruck- als auch die theoretische Physik. Bisher wurden die Eigenschaften von H-He-Mischungen meistens über das Modell der linearen Mischung bestimmt, welches die Wechselwirkung der verschiedenen Teilchensorten untereinander vernachlässigt. Deswegen wurden ab-initio QMD-Simulationen für reale H-He-Mischungen in einem großen Bereich von Dichte und Temperatur durchgeführt und mit dem Modell der linearen Mischung verglichen. Außerdem wurde aus diesen EOS-Daten die Mischungslücke in Abhängigkeit von der He-Konzentration bestimmt und ihr Einfluss auf die Modellierung von Jupiter und Saturn dargestellt.

P III.20 Di 11:00 Poster C3

Collective quantum modes of parabolically confined mesoscopic Fermi systems — KARSTEN BALZER, ●CHRISTIAN HENNING, and MICHAEL BONITZ — Institut für Theoretische Physik und Astrophysik, Christian-Albrechts-Universität Kiel, Leibnizstrasse 15, 24098 Kiel, Germany

For interacting few particle systems, the internal dynamics in terms of normal modes is of broad interest in many fields of research—e.g. in complex plasmas, (dilute) quantum Fermi gases/liquids or BEC-BCS systems, the normal mode spectrum is directly linked to interesting system properties and to the response to external electromagnetic fields.

Here, we go beyond linear response theory and study collective modes in the quantum regime by applying Nonequilibrium Green's function techniques at zero and finite temperatures [1,2]. In particular, we investigate the quantum breathing mode for fermionic 1D and 2D systems (being confined in harmonic traps) interacting via a $1/r^\alpha$ pair-potential [3]. The dependence of the breathing frequency and the time-dependent density on the relative interaction strength is discussed for a wide range of parameters including nonlinear effects [3,4].

[1] M. Bonitz, K. Balzer, and R. van Leeuwen, Phys. Rev. B **76**, 045341 (2007).

[2] "Nonequilibrium Green's function approach to artificial atoms", K. Balzer, Diploma thesis, Kiel University (2007).

[3] see poster "On the existence of the breathing mode", Christian

Henning et al.

[4] B. Partoens, F.M. Peeters, J. Phys.: Cond. Mat. **9**, No. 25 (1997).

P III.21 Di 11:00 Poster C3

On the existence and vanishing of the breathing mode — ●CHRISTIAN HENNING¹, KENJI FUJIOKA², ALEXANDER PIEL³, PATRICK LUDWIG¹, and MICHAEL BONITZ¹ — ¹CAU zu Kiel, ITAP, D-24118 Kiel — ²City College of New York, NY 10031 — ³CAU zu Kiel, IEAP, D-24118 Kiel

From normal mode analysis of harmonically confined Coulomb systems of any dimension the breathing mode, a radial and uniform oscillation, is well known and also topic of actual research [1,2]. Investigations of other systems (e.g. Yukawa, Lennard-Jones) also use the properties of this breathing mode [3,4].

Here, we show that the concept of the breathing mode can not in general be transferred from Coulomb systems to other systems [5]. We derive an equation for the existence of the breathing mode, present the condition for its existence and show counter-examples of different types.

[1] Kielpinski et al., Phys. Rev. A **61**, 032310 (2000)

[2] Ferreira et al., Phys. Rev. E **72**, 021406 (2005)

[3] Y. Ozaki, M. Ichihashi, and T. Kondow, Z. Phys. D **20**, 161 (1991)

[4] M. Kong, B. Partoens, and F.M. Peeters, N. J. Phys. **5**, 23 (2003)

[5] C. Henning et al., submitted for publication

P III.22 Di 11:00 Poster C3

Melting of trapped few particle systems — ●JENS BÖNING¹, ALEXEI FILINOV¹, PATRICK LUDWIG¹, HENNING BAUMGARTNER¹, MICHAEL BONITZ¹, and YURII LOZOVIK² — ¹Institut für Theoretische Physik und Astrophysik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, D-24098 Kiel, Germany — ²Institute for Optics and Spectroscopy of the RAS, Troitsk, Russia

Solid or liquid behavior are collective properties of macroscopic systems. Nevertheless, collective behavior emerges already in small systems. But, how many particles are required and how to reliably detect liquid or solid behavior and the melting point in a small system? While in large systems there exist many equivalent quantities, in small systems the predicted melting point strongly depends on the choice of quantity and on the way it is computed yielding ambiguous and even divergent results [1]. We present a very simple quantity which allows to overcome these problems – the variance of the block averaged interparticle distance fluctuations [2].

[1] D.D. Frantz, J. Chem. Phys. **115**, 6136 (2001)

[2] J. Böning, A. Filinov, P. Ludwig, H. Baumgartner, M. Bonitz, and Yu.E. Lozovik, submitted for publication, arXiv:0711.1124.

P III.23 Di 11:00 Poster C3

Gezielte Modulationen in den Energiespektren laserproduzierter Ionenstrahlen — ●OLIVER JÄCKEL¹, SEBASTIAN PFOTENHAUER¹, JENS POLZ¹, HANS-PETER SCHLENVOIGT¹, MALTE C. KALUZA¹, HEINRICH SCHWOERER², KEN W.D. LEDINGHAM³, ROLAND SAUERBREY⁴ und ALEX P.L. ROBINSON⁵ — ¹Institut für Optik und Quantenelektronik, Friedrich-Schiller-Universität Jena — ²LRI, University of Stellenbosch, South Africa — ³Department of Physics, University of Strathclyde, UK — ⁴Forschungszentrum Dresden — ⁵RAL, Oxfordshire, UK

In den letzten Jahren haben sich Hochintensitätslaser der 10 TW Klasse als Laser-Plasma-Beschleuniger immer weiter etabliert. Ionen können mit Hilfe des TNSA Prozesses (Target Normal Sheath Acceleration) auf Energien von mehreren MeV beschleunigt werden, wobei die Verteilung der einzelnen Energien im Strahl typischerweise eine thermische ist. Ein Ansatz, diese thermischen Spektren gezielt zu modulieren, ist die Verwendung mikrostrukturierter dünner Metallfolien als Targets. Dabei wird die Quelle der beschleunigten Ionen auf Mikrometerskalen eingeschränkt. Außerdem erfolgt eine Ladungstrennung von verschiedenen Ionensorten während des Beschleunigungsprozesses. Diese beiden Eigenschaften, in Verbindung mit definierter Laserablation von möglichen Kontaminationsschichten, ermöglichen es, die Energiespektren zu modulieren — quasimonenergetische Strahlen zu erzeugen. Die räumliche und stoffliche Komposition der mikrostrukturierten Targets lässt sich auf beliebige Ionensorten ausweiten, was hier durch die Beispiele Protonen und Kohlenstoff verdeutlicht wird.

P III.24 Di 11:00 Poster C3

Time-resolved optical probing of the ion acceleration in relativistic laser plasma interactions from thin foils — ●JENS POLZ¹, OLIVER JÄCKEL¹, SEBASTIAN PFOTENHAUER¹, MALTE KALUZA¹, HANS-

PETER SCHLENVOIGT¹, and HEINRICH SCHWOERER² — ¹Institut für Optik und Quantenelektronik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Germany — ²Laser Research Institute, University of Stellenbosch, South Africa

With laser plasma accelerators it is possible to create electric fields which exceed the accelerating fields of conventional accelerators by five orders of magnitude. Over the past years, laser driven plasmas have therefore become a promising tool for particle acceleration on a μm scale. However laser plasma accelerators can not yet compete with conventional accelerators with respect to beam monochromacy, maximum achievable energy and shot to shot stability. In order to improve the acceleration process and achieve a higher laser-to-particle energy conversion efficiency, a tool for time-resolved probing of the plasma is required. On this poster we present a technique using optical interferometry and a bended thin metal foil for the time-resolved study of laser plasma acceleration processes. This technique provides information about the electron density distribution of the plasma, its temporal evolution and hence insights about the electron temperature, the accelerating fields and the laser-to-particle energy conversion efficiency.

P III.25 Di 11:00 Poster C3

Synchrotronstrahlung von lasererzeugten monoenergetischen Elektronenpulsen — ●HANS-PETER SCHLENVOIGT¹, KERSTIN HAUPT^{2,1}, ALEXANDER DEBUS^{3,1}, FABIAN BUDDÉ^{4,1}, OLIVER JÄCKEL¹, SEBASTIAN PFOTENHAUER¹, JORDAN GALLACHER⁵, ENRICO BRUNETTI⁵, DINO JAROSZYNSKI⁵, ERICH ROHWER² und HEINRICH SCHWOERER^{2,1} — ¹Institut für Optik und Quantenelektronik, Friedrich-Schiller-Universität Jena — ²Laser Research Institute, University of Stellenbosch, South Africa — ³Forschungszentrum Dresden-Rossendorf — ⁴Institut für Laser- und Plasmaphysik, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf — ⁵Department of Physics, University of Strathclyde, Glasgow, UK

Wir haben Synchrotronstrahlung im Sichtbaren mit laserbeschleunigten Elektronen erzeugt. Ein hochintensiver, ultrakurzer Laserpuls wird in einen Gasjet fokussiert und beschleunigt Elektronen auf Energien bis 80 MeV. Diese Elektronenpulse propagieren durch einen Undulator und gelangen in ein Elektronenspektrometer. Die Synchrotronstrahlung von Elektronen mit Energien von 55 MeV bis 75 MeV liegt im Sichtbaren und wird mit einem optischen Spektrometer detektiert. Die gleichzeitige und spektral aufgelöste Detektion der Elektronen und des von ihnen erzeugten sichtbaren Lichts gestattet zudem den eindeutigen Nachweis der Strahlung. Das Experiment zeigt, dass lasererzeugte Elektronenpulse allmählich Anwendungsreife erreichen, und öffnet das Feld für neue, ultrakurze, durchstimmbare und vielfältig einsetzbare Strahlungsquellen.

P III.26 Di 11:00 Poster C3

Cryogenic targets for laser-plasma heavy ion beam interaction experiments — ●MUHAMMAD IMRAN¹, JURIJ MENZEL¹, ABEL BLAZEVIC², DIRK O. GERICKE³, DIETER H.H. HOFFMANN^{1,2}, SERBAN UDREA¹, and KARIN WEYRICH² — ¹Institut für Kernphysik, TU-Darmstadt, Deutschland — ²Gesellschaft für Schwerionenforschung, Darmstadt, Deutschland — ³University of Warwick, Coventry, United Kingdom

Intense heavy ion beams delivered by the accelerator facilities of the Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI) mbH Darmstadt facilitate together with the two laser systems NHELIX and PHELIX facilitate pioneering beam-plasma interaction experiments. The ultimate goal of the work presented here is the employment of cryogenic solid-state targets, especially Deuterium and Hydrogen, experiments for the measurement of the energy loss of heavy ions in dense, laser produced plasmas. Presently the cryogenic system has been built and tested by growing cryogenic crystals of Neon, Argon and Nitrogen. The setup and results of these tests are presented and different future designs of the cryogenic targets are discussed within this contribution.

P III.27 Di 11:00 Poster C3

Simulationen lasererzeugter Plasmen mit MULTI — ●DANIEL LÖB¹, ANNA TAUSCHWITZ², ALEXANDER PELKA¹ und MARKUS ROTH¹ — ¹Technische Universität Darmstadt — ²J. W. Goethe Universität Frankfurt

Eine zentrales Forschungsfeld der Arbeitsgruppe Laser- und Plasmaphysik der TU Darmstadt ist die Wechselwirkung von Lasern mit Pulslängen im Nanosekundenbereich mit Materie. Forschungsschwerpunkte bilden hierbei die Untersuchung des Energieverlustes von Schwerionen in lasererzeugten Plasmen sowie deren Charakterisierung

in planarer Geometrie und Hohlräumen. Hierbei werden Temperaturen von bis zu 250 eV und Dichten bis in den Bereich einiger Prozent der Festkörperdichte erreicht. Zur zeitaufgelösten Messung der Elektronenzahldichte in diesen Experimenten steht eine "Multiframe-Interferometrie zur Verfügung. Um eine quantitative Abschätzung von Elektronenzahldichte und Temperatur im nicht diagnostisch zugänglichen Bereich ($n_e > 10^{21}/\text{cm}^3$) der Plasmen zu ermöglichen, werden 1D und 2D Simulationen mit dem Strahlungshydrodynamik-Code MULTI durchgeführt. Es werden erste Simulationsergebnisse präsentiert, sowie der Vergleich mit den Daten der Interferometriemessungen hergestellt.

P III.28 Di 11:00 Poster C3

Non-Intercepting Beam Profile Measurement and Plasma Analysis based on Fluorescence Diagnostics — ●FRANK BECKER^{1,2}, PAVEL A. NI³, DOROTHEA PFEIFFER¹, PRABIR K. ROY³, FRANK M. BIENIOSEK³, PETER FORCK¹, and DIETER H. H. HOFFMANN^{1,2} — ¹GSI, Darmstadt, Germany — ²TUD, Darmstadt, Germany — ³LBNL, Berkeley, USA

As an alternative to conventional scintillator-based beam profile diagnostics in ion accelerators, with the Beam Induced Fluorescence (BIF) Monitor, transverse beam profiles can be determined by observation of single fluorescence photons emitted by residual gas molecules. With this instrument we recorded profiles of a 10^{12} particles per pulse K^+ beam of 7.7 keV/u in 10^{-5} Torr N_2 gas. Single photon counting was performed using an image intensified digital CCD camera. Moreover the applicability of this method has been successfully demonstrated at GSI for various ion beams in the energy range of 5 to 750 MeV/u. Secondly this method can be applied to the study of plasma properties. For a cathodic-arc Al-plasma spatial distribution and plasma density have been investigated. Time resolved spectra were recorded with a streak-spectrometer camera. Results are presented for a typical parameter space, profile distortions and feasibility is discussed.

P III.29 Di 11:00 Poster C3

Untersuchung hoher Energiedichten in Materie erzeugt durch intensive, stark fokussierte Schwerionenstrahlen — ●ALEXANDER HUG¹, ALEXANDER FERTMAN³, VLADIMIR E. FORTOV⁴, DIETER H.H. HOFFMANN^{1,2}, MICHAIL KULISH⁴, JURIJ MENZEL², VICTOR MINTSEV⁴, NINA MÜLLER², PAVEL NI², DMITRY NIKOLAEV⁴, BORIS SHARKOV³, NIKOLAY SHILKIN⁴, VLADIMIR YA. TERNOVOI², VLADIMIR TURTIKOV³, SERBAN UDREA² und DMITRY VARENTSOV¹ — ¹Gesellschaft für Schwerionenforschung, Planckstraße 1, 64291 Darmstadt — ²Technische Universität Darmstadt, Institut für Kernphysik (IKP), Schloßgartenstraße 9, 64289 Darmstadt — ³Institute for Theoretical and Experimental Physics, Bolshaya Cheremushinskaya 25, 117218 Moscow, Russland — ⁴Institute of Problems of Chemical Physics, Akad. Semenova 1, 142432 Chernogolovka, Russland

Intensive und stark fokussierte Schwerionenstrahlen sind hervorragend geeignet große Volumina von hoher Energiedichte in Materie mit vorwiegend homogenen physikalischen Parametern zu erzeugen.

Am Hochtemperaturmeßplatz "HHT" der GSI in Darmstadt wurden

solche Experimente durchgeführt und mit Ergebnissen aus Stoßwellen-Experimenten verglichen.

Die Motivation besteht hierbei in der Entwicklung und Tests neuartiger Diagnostiken, Untersuchung verschiedener Targetmaterialien und -konfigurationen für zukünftige Experimente der HEDgeHOB-Kollaboration bei FAIR, sowie Messungen thermodynamischer Eigenschaften unterschiedlicher Materialien und deren Verhalten im Bereich des kritischen Punktes sowie bei Phasenübergängen.

P III.30 Di 11:00 Poster C3

Kontaktfreie Leitfähigkeitsmessungen an durch Schwerionen erzeugter Materie hoher Energiedichte — ●JOHANNES LING¹, ALEXANDER FERTMAN³, VLADIMIR E. FORTOV², DIETER H.H. HOFFMANN^{1,4}, ALEXANDER HUG⁴, MICHAIL KULISH², JURIJ MENZEL¹, VICTOR MINTSEV², NINA MÜLLER¹, DMITRY NIKOLAEV², BORIS SHARKOV³, NIKOLAY SHILKIN², VLADIMIR YA. TERNOVOI², VLADIMIR TURTIKOV³, SERBAN UDREA¹ und DMITRY VARENTSOV⁴ — ¹Institut für Kernphysik, TU-Darmstadt, Deutschland — ²Institute of Problems of Chemical Physics, Chernogolovka, Russia — ³Institute for Theoretical and Experimental Physics, Moscow, Russia — ⁴Gesellschaft für Schwerionenforschung, Darmstadt, Deutschland

Die elektrische Leitfähigkeit ist eine fundamentale Transporteigenschaft der Materie, für die es keine allgemeine Theorie gibt. Deswegen sind Messungen dieser physikalischen Größe unter den verschiedensten Bedingungen von großer Bedeutung.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde am Hochtemperaturmessplatz (HHT) der Plasmaphysikgruppe der Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI) ein erstes Experiment zur kontaktfreien Messung der Leitfähigkeit von Materie bei hoher Energiedichte durchgeführt. Das untersuchte Target war ein mit intensiven, stark fokussierten Uran-Schwerionenstrahlen geheizter Bleidraht. Darüber hinaus wurde das Frequenzverhalten der Reflexionseigenschaften von Induktionsspulen in Anwesenheit elektrischer Leiter mithilfe eines Netzwerkanalysators und Computersimulationen untersucht, was zu einem besseren Verständnis unterschiedlicher Targetgeometrien geführt hat.

P III.31 Di 11:00 Poster C3

Injection experiments for a magnetic high current ion storage ring — ●NINAD JOSHI — IAP, Max-von-Laue str. 1, 60438 Frankfurt am Main, Deutschland.

The injection experiment with a special magnetic field configuration into ion storage ring is under preparation. The objective is to mimic the scenario of a complete storage ring with toroidal magnetic field. The system will be optimized for injection of 10 keV proton beams into two toroidal segments with a maximum field of 0.6T. The experimental setup also provides the opportunities to study the beam dynamics, space charge issues, and two beam interaction in toroidal magnetic fields. Special attention is given to the injection coil geometry and its coupling onto the ring field. Finally, a $E \times B$ - drift will additionally be investigated to get the injected beam into the transversal ring acceptance.