

Plasma Physics Division Fachverband Plasmaphysik (P)

Prof. Dr. Bernhard Unterberg
Forschungszentrum Jülich GmbH
Institut für Energie- und Klimaforschung – Plasmaphysik
52425 Jülich
b.unterberg@fz-juelich.de

Overview of Invited Talks and Sessions

(Lecture rooms: SPA HS201 and HS 202, Kinosaal; Posters: SPA Foyer)

Invited Talks

P 1.1	Mon	10:30–11:00	SPA HS201	Complex Plasmas: Particle-resolved Studies of Classical Liquids and Solids — ●ALEXEI IVLEV
P 2.1	Mon	10:30–11:00	SPA HS202	Die Physik intermittenter Transportprozesse in der Randschicht von Fusionsplasmen — ●GREGOR BIRKENMEIER, PETER MANZ, DANIEL CARRALERO, FLORIAN LAGGNER, MATTHIAS WILLENSDORFER, ELISABETH WOLFRUM, GOLO FUCHERT, ULRICH STROTH, DAS ASDEX UPGRADE TEAM
P 3.1	Mon	14:00–14:30	SPA HS201	Spots on cathodes of DC glow and arc discharges: self-organization theory and its applications — ●MIKHAIL BENILOV
P 3.2	Mon	14:30–15:00	SPA HS201	Simulation technischer Plasmen — ●THOMAS MUSSENBRÖCK
P 4.1	Mon	14:00–14:30	SPA HS202	Collective modes of nonideal quantum systems in traps: from nanoplasmas to cold atoms — ●JAN WILLEM ABRAHAM, MICHAEL BONITZ
P 5.1	Mon	16:30–17:00	SPA HS201	Guide field effects on magnetic reconnection — ●ADRIAN VON STECHOW, OLAF GRULKE, THOMAS KLINGER
P 8.1	Tue	10:30–11:00	SPA HS201	Coherence imaging spectroscopy: A new method for measuring plasma dynamics — ●OLIVER P. FORD, JOHN HOWARD, MATTHIAS REICH, JAKOB SVENSSON, ROBERT WOLF
P 9.1	Tue	10:30–11:00	SPA HS202	FEL excited dense plasmas — ●BEATA ZIAJA-MOTYKA
P 10.1	Tue	14:00–14:30	SPA HS201	Multiscale simulation of dust clusters in a strongly magnetized flowing plasma — ●PATRICK LUDWIG, HANNO KÄHLERT, JAN-PHILIP JOOST, CHRISTOPHER ARRAN, MICHAEL BONITZ
P 11.1	Tue	14:00–14:30	SPA HS202	Simulation and optimisation of turbulence in stellarators — ●PAVLOS XANTHOPOULOS, PER HELANDER, HARRY MYNICK, YURIY TURKIN, FRANK JENKO, TOBIAS GOERLER, DANIEL TOLD, GABRIEL G. PLUNK, THOMAS BIRD, JOSEFINE H.E. PROLL
P 11.2	Tue	14:30–15:00	SPA HS202	Der Turbulenz auf der Spur durch Vergleiche von Reflektometriemessungen mit gyrokinetischen Simulationen — ●TIM HAPPEL, ALEJANDRO BAÑÓN NAVARRO, GARRARD D. CONWAY, FRANK JENKO, ULRICH STROTH, DAS ASDEX UPGRADE TEAM
P 21.1	Thu	10:30–11:00	SPA HS201	HVDC Insulator Charging in SF6 Insulated Systems — ●UELI STRAUMANN, UWE RIECHERT, ROBIN GREMAUD, MICHAEL SCHÜLLER, CHRISTIAN M. FRANCK
P 21.2	Thu	11:00–11:30	SPA HS201	Plasma based deposition of nanoparticles and nanocomposites — ●THOMAS STRUNSKUS
P 22.1	Thu	10:30–11:15	SPA HS202	Cosmic rays — ●REINHARD SCHLICKEISER
P 23.1	Thu	14:00–14:30	SPA HS201	The Franck-Hertz experiment: 100 years ago and now — ●ZOLTAN DONKO, PETER MAGYAR, IHOR KOROLOV
P 25.1	Thu	16:30–17:00	SPA HS201	Atmosphärendruck Plasmajet für die Untersuchung von grundlegenden Wechselwirkungsmechanismen zwischen Plasma und Bakterien — ●JAN BENEDIKT, SIMON SCHNEIDER, SIMON GROSSE-KREUL, VINCENT LAYES, JAN-WILM LACKMANN, FABIAN JARZINA, ELENA STEINBORN, JULIA E. BANDOW

P 27.1	Fri	10:30–11:00	SPA HS201	Production and Diagnostics of dense matter — ●ERIK BRAMBRINK, ALESSANDRA BENUZZI-MOUNAIX, TOMMASO VINCI, NOROU AMADOU, GAEL HUSER, GUILLAUME MORARD, FRANCOIS GUYOT, THIBAUT DE RESSEGUIER, STEPHANE MAZEVET, NORIMASA OZAKI, MICHEL KOENIG, KOHEI MIYANISHI
P 27.4	Fri	11:30–12:00	SPA HS201	Theory of high energy density matter — ●JAN VORBERGER
P 28.1	Fri	10:30–11:00	SPA HS202	Diagnostische Spiegel: Herausforderung für ITER — ●ANDREY LITNOVSKY
P 29.1	Fri	14:00–14:30	SPA HS201	Wechselwirkung von kalten Nichtgleichgewichtsjetplasmen mit der Umgebung und mit Flüssigkeiten — ●STEPHAN REUTER
P 30.1	Fri	14:00–14:30	SPA HS202	The material system beryllium-nitrogen-deuterium: review of recent results — ●TIMO DITTMAR, R. P. DOERNER, M. KÖPPEN, A. KRETER, CH. LINSMEIER, M. OBERKOFER, T. SCHWARZ-SELINGER

Invited talks of the joint symposium SYAD

See SYAD for the full program of the symposium.

SYAD 1.1	Tue	10:30–11:00	Audimax	Rotationally resolved fluorescence spectroscopy - from neurotransmitter to conical intersection — ●CHRISTIAN BRAND
SYAD 1.2	Tue	11:00–11:30	Audimax	Quantum simulations with ultracold atoms: Beyond standard optical lattices — ●PHILIPP HAUKE
SYAD 1.3	Tue	11:30–12:00	Audimax	Degenerate quantum gases of alkaline-earth atoms — ●SIMON STELLMER
SYAD 1.4	Tue	12:00–12:30	Audimax	One step beyond entanglement: general quantum correlations and their role in quantum information theory — ●ALEXANDER STRELTSOV

Invited talks of the joint symposium SYOT

See SYOT for the full program of the symposium.

SYOT 2.1	Tue	10:40–11:20	SPA Kapelle	Plasma und optische Technologien: PluTO — ●RALF PETER BRINKMANN
SYOT 2.2	Tue	11:20–11:50	SPA Kapelle	Charakterisierung von Prozessen zur plasma-ionengestützten Schichtabscheidung — ●JENS HARHAUSEN, RÜDIGER FOEST, DETLEF LOFFHAGEN, ANDREAS OHL
SYOT 2.3	Tue	11:50–12:20	SPA Kapelle	Plasma-ionengestützte Abscheidung von Hafnium- und Tantaloxidschichten unter Nutzung von Xenon und Argon als Arbeitsgas — ●OLAF STENZEL, STEFFEN WILBRANDT, RALPH SCHLEGEL, NORBERT KAISER
SYOT 2.4	Tue	12:20–12:50	SPA Kapelle	IBS: Praxis und Modellierung — ●HENRIK EHLERS
SYOT 3.1	Tue	14:00–14:30	SPA Kapelle	Plasmaabscheidung nanostrukturierter Barrierschichten auf Kunststoffen - Bedeutung grenzflächenchemischer Aspekte — BERKEM OZKAYA, ●GUIDO GRUNDMEIER
SYOT 3.2	Tue	14:30–15:00	SPA Kapelle	From target to substrate in high power pulsed magnetron plasmas — ●ACHIM VON KEUDELL
SYOT 3.3	Tue	15:00–15:30	SPA Kapelle	Planare Optronische Systeme - Konzept, Umsetzung und erste Ergebnisse — ●LUDGER OVERMEYER
SYOT 3.4	Tue	15:30–16:00	SPA Kapelle	SFB TR 123 Planare optronische Systeme (PlanOS) — ●HANS ZAPPE
SYOT 3.5	Tue	16:00–16:30	SPA Kapelle	Influence of the oxygen plasma parameters on the atomic layer deposition of titanium oxide — ●ADRIANA SZEGHALMI, STEPHAN RATZSCH, ERNST BERNHARD KLEY

Prize talks of the joint symposium SYAW

See SYAW for the full program of the symposium.

SYAW 1.1	Wed	14:00–14:30	Kinosaal	Semicrystalline polymers - pathway of crystallization and deformation properties — ●GERT STROBL
SYAW 1.2	Wed	14:30–15:00	Kinosaal	A measurement of the evolution of Interatomic Coulombic Decay in the time domain — ●TILL JAHNKE

SYAW 1.3	Wed	15:00–15:30	Kinosaal	A one-dimensional liquid of fermions with tunable spin — •MASSIMO INGUSCIO
SYAW 1.4	Wed	15:30–16:00	Kinosaal	Non-equilibrium: from heat transport to turbulence (to life). — •DAVID RUELLE
SYAW 2.1	Wed	16:30–17:00	Kinosaal	Investigation of charge transfer efficiency of CCD image sensors for the scientific small satellite mission “AsteroidFinder” — •ANDREJ KRIMLOWSKI
SYAW 2.2	Wed	17:00–17:30	Kinosaal	Metrology of atomic hydrogen: from the Rydberg constant to the size of the proton — •FRANÇOIS BIRABEN

Invited talks of the joint symposium SYPA

See SYPA for the full program of the symposium.

SYPA 1.1	Thu	14:00–14:30	SPA Kapelle	Cosmic Particle Acceleration — •GAETANO ZIMBARDO, SILVIA PERRI
SYPA 1.2	Thu	14:30–15:00	SPA Kapelle	Simulation of shock waves — •FELIX SPANIER
SYPA 1.3	Thu	15:00–15:30	SPA Kapelle	Dynamo experiments: A guide through dynamo theory — •ANDREAS TILGNER
SYPA 1.4	Thu	15:30–16:00	SPA Kapelle	Turbulent dynamo effects in astrophysical plasmas — •WOLFRAM SCHMIDT, DOMINIK SCHLEICHER
SYPA 1.5	Thu	16:30–17:00	SPA Kapelle	Physical Processes in the Turbulent Interstellar Medium — •DIETER BREITSCHWERDT, MIGUEL DE AVILLEZ, MICHAEL SCHULREICH, JENNY FEIGE, CHRISTIAN DETTBARN

Invited talks of the joint symposium SYPS

See SYPS for the full program of the symposium.

SYPS 1.1	Thu	14:10–14:40	Audimax	Oxygen and imaging, a perfect match — •DAVID PARKER
SYPS 1.2	Thu	14:40–15:10	Audimax	Attosecond imaging — •MARC VRAKKING
SYPS 1.4	Thu	15:25–15:55	Audimax	Applications of the fast imaging Pixel Imaging Mass Spectrometry camera — •MARK BROUARD
SYPS 2.1	Thu	16:30–17:00	Audimax	Unraveling the dynamics of state- and conformer selected molecules fixed in space with the VMI — •JOCHEN KÜPPER
SYPS 2.3	Thu	17:15–17:45	Audimax	Velocity map imaging: from molecules to clusters, nanoparticles and aerosols — •MICHAL FARNIK, VIKTORIYA POTERYA, JOZEF LENGYEL, ANDRIY PYSANENKO, PAVLA SVRCKOVA, JAROSLAV KOCISEK
SYPS 2.5	Thu	18:00–18:30	Audimax	Velocity map imaging studies of quantum state resolved scattering at gas-solid and gas-SAMs surfaces — •DAVID J. NESBITT, MONIKA GRUETTER, J. ROBERT ROSCIOLI, CARL HOFFMAN, DANIEL J. NELSON

Sessions

P 1.1–1.6	Mon	10:30–12:25	SPA HS201	Dusty Plasmas I
P 2.1–2.7	Mon	10:30–12:50	SPA HS202	Magnetic Confinement I
P 3.1–3.6	Mon	14:00–16:00	SPA HS201	Plasma Technology I
P 4.1–4.4	Mon	14:00–15:15	SPA HS202	Theory of Quantum Plasmas I
P 5.1–5.6	Mon	16:30–18:25	SPA HS201	Low Temperature Plasmas I
P 6.1–6.9	Mon	16:30–18:45	SPA HS202	Theory and Modelling
P 7.1–7.2	Mon	17:30–18:30	Kinosaal	Kernfusion
P 8.1–8.5	Tue	10:30–12:00	SPA HS201	Diagnostics I
P 9.1–9.5	Tue	10:30–12:00	SPA HS202	Theory of Quantum Plasmas II
P 10.1–10.6	Tue	14:00–15:55	SPA HS201	Dusty Plasmas II
P 11.1–11.7	Tue	14:00–16:35	SPA HS202	Magnetic Confinement II
P 12.1–12.12	Tue	16:30–18:30	SPA Foyer	Poster Session - Magnetic Confinement
P 13.1–13.17	Tue	16:30–18:30	SPA Foyer	Poster Session - Diagnostics
P 14.1–14.19	Tue	16:30–18:30	SPA Foyer	Poster Session - Theory and Modelling
P 15.1–15.1	Tue	16:30–18:30	SPA Foyer	Poster Session - Laser Plasmas
P 16.1–16.5	Wed	14:00–16:05	SPA HS202	Helmholtz Graduate School for Plasma Physics I

P 17.1–17.22	Wed	16:30–18:30	SPA Foyer	Poster Session - Helmholtz Graduate School for Plasma Physics
P 18.1–18.4	Wed	16:30–18:30	SPA Foyer	Poster Session - Plasma Technology
P 19.1–19.13	Wed	16:30–18:30	SPA Foyer	Poster Session - Low Temperature Plasmas
P 20.1–20.14	Wed	16:30–18:30	SPA Foyer	Poster Session - Dusty Plasmas
P 21.1–21.7	Thu	10:30–12:45	SPA HS201	Plasma Technology II
P 22.1–22.4	Thu	10:30–12:30	SPA HS202	Helmholtz Graduate School for Plasma Physics II
P 23.1–23.7	Thu	14:00–16:00	SPA HS201	Low Temperature Plasmas II
P 24.1–24.8	Thu	14:00–16:00	SPA HS202	Laser Plasmas I
P 25.1–25.6	Thu	16:30–18:15	SPA HS201	Low Temperature Plasmas III
P 26.1–26.3	Thu	16:30–17:15	SPA HS202	Laser Plasmas II
P 27.1–27.8	Fri	10:30–13:00	SPA HS201	Theory of nonideal Plasmas
P 28.1–28.5	Fri	10:30–12:00	SPA HS202	Diagnostics II
P 29.1–29.5	Fri	14:00–15:30	SPA HS201	Plasma Technology III
P 30.1–30.8	Fri	14:00–16:15	SPA HS202	Plasma Wall Interactions

Annual General Meeting of the Plasma Physics Division

Wednesday 13:00–14:00 SPA HS201

- Bericht des Sprechers
- Wahl
- Verschiedenes

P 1: Dusty Plasmas I

Time: Monday 10:30–12:25

Location: SPA HS201

Invited Talk

P 1.1 Mon 10:30 SPA HS201
Complex Plasmas: Particle-resolved Studies of Classical Liquids and Solids — ●ALEXEI IVLEV — Max-Planck-Institut fuer extraterrestrische Physik, 85741 Garching, Germany

Many fundamental issues in classical condensed matter physics can be addressed experimentally using systems of individually visible mesoscopic particles playing the role of "proxy atoms". The interaction between such "atoms" is determined by the properties of the surrounding medium and/or by external tuning. Complex plasmas, representing the plasma state of soft matter, are one of the best-known examples of such experimental model systems.

In my talk I will illustrate remarkable properties of strongly-coupled complex plasmas by discussing melting transitions in plasma crystals. Results of particle-resolved studies of equilibrium and non-equilibrium melting regimes will be presented, allowing us to identify generic processes accompanying liquid-solid phase transitions. In addition, plasma-specific melting mechanisms (i.e., those operating only in complex plasmas) will be also discussed.

Topical Talk

P 1.2 Mon 11:00 SPA HS201
Heat transport in magnetized finite 2D dust clusters — ●HAUKE THOMSEN¹, GIEDRIUS KUDELIS², and MICHAEL BONITZ¹ — ¹ITAP, Christian-Albrechts-Universität, Kiel, D-24098, Germany — ²University of Birmingham, Edgbaston, Birmingham B15 2TT, United Kingdom

Recently, the heat transport in a laser heated 2D plasma layer was studied [1]. Here we extend this analysis to magnetized dust which can be realized e.g. in a rotating electrode setup [2,3].

In an experiment oriented Langevin molecular dynamics (LMD) simulation, we investigate an inhomogeneous heating scenario where the energy input by the manipulation lasers [4,5] is restricted to the central region [1]. From the decay of the radial temperature profile, we determine the thermal conductivity as a function of magnetic field strength for a broad range of coupling parameters and across the liquid-solid transition.

- [1] G. Kudelis *et al.*, Phys. Plasmas **20**, 073701 (2013)
- [2] H. Kählert *et al.*, Phys. Rev. Lett. **109**, 155003 (2012)
- [3] P. Hartmann *et al.*, Phys. Rev. Lett. **111**, 155002 (2013)
- [4] J. Schablinski *et al.*, Phys. Plasmas **19**, 013705 (2012)
- [5] H. Thomsen *et al.*, Phys. Plasmas **19**, 023701 (2012)

P 1.3 Mon 11:25 SPA HS201
Absorption and scattering of infrared light by coated dielectric particles — ●ELENA THIESSEN, RAFAEL L. HEINISCH, FRANZ X. BRONOLD, and HOLGER FEHSKE — Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, 17489 Greifswald, Deutschland

Extending our previous work [1,2] we study the effect of surplus electrons on the infrared extinction of dielectric particles with a core/coat structure and propose to use it for an optical measurement of the particle charge in a dusty plasma and—eventually—as an electric probe with an optical read-out in general. The particles consist of an inner core with negative and an outer coat with positive electron affinity. Both the core and the coat give rise to strong transverse optical phonon resonances, leading to anomalous light scattering in the infrared. Due to the radial profile of the electron affinity electrons accumulate in the coat region making the infrared extinction of this type of particles very charge-sensitive, in particular, the extinction due to a resonance arising solely due to the core/coat structure. This resonance can be understood as the anti-bonding split-off of the anomalous resonance of the coat due to its mixing with a cavity mode supported by the core. The maximum of this resonance is in the far-infrared lessening thereby the requirements on the infrared instrumentation whereas the increased charge sensitivity opens the door to observe the charge-induced shifts already at the operation conditions typical for plasmas used to study self-organized dust structures.

- [1] R. L. Heinsch *et al.*, Phys. Rev. Lett. **109**, 243903 (2012).
- [2] R. L. Heinsch *et al.*, Phys. Rev. E **88**, 023109 (2013).

P 1.4 Mon 11:40 SPA HS201

Bestimmung globaler Eigenschaften von ausgedehnten Staubwolken in komplexen Plasmen — ●CARSTEN KILLER, MICHAEL HIMPEL und ANDRÉ MELZER — Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald

Staubwolken aus Mikrometer-großen Partikeln können in RF-Plasmen derart eingefangen werden, dass sie fast das gesamte Entladungsvolumen ausfüllen. Typische Phänomene in diesen Systemen sind die Existenz eines zentralen staubfreien Bereichs (Void) und die Propagation selbsterregter Staubbichtwellen.

Etablierte optische Diagnostiken beschränken sich bisher nur auf Teilbereiche der Staubwolke (2D-Schnitte oder kleine 3D-Beobachtungsvolumina). Um die globalen Eigenschaften des gesamten Staubsystems zu erfassen, wurde in einem neuartigen Ansatz mittels Extinktionsmessungen eine 2-dimensionale Projektion der Staubwolke erfasst. Zu diesem Zweck wurde der Schatten einer homogen durchleuchteten Staubwolke mit einem beidseitig telezentrischen Objektiv aufgenommen.

Diese Methode ermöglicht den Zugang zu globalen Eigenschaften wie der 3-dimensionalen Verteilung der Wellenaktivität und des Voids. Weiterhin können mittels Abel-Inversion radiale Dichte-Profile der Staubwolke und der Lichtemission des Plasmas berechnet und untersucht werden.

P 1.5 Mon 11:55 SPA HS201
Nanostaubwolken in magnetisierten Plasmen — ●FRANKO GREINER, BENJAMIN TADSEN, SEBASTIAN GROTH, JAN CARSTENSEN und ALEXANDER PIEL — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität Kiel

Im Rahmen unseres SFB-Projektes sind wir an der Untersuchung von dynamischen Vorgängen in Nanostaubwolken in magnetisierten Plasmen interessiert. Große, homogene Nanostaubstaubwolken können plasmachemisch in einem Argon-Acetylen-Plasma erzeugt werden. Es zeigt sich, dass in einem HF-getriebenen Parallelplattenreaktor ein zu den Elektroden senkrechten Magnetfeldes sowohl zu Problemen durch Filamentierung des Plasmas führt, als auch Einfluss auf die chemischen Prozesse des Staubwachstum nimmt. Dies führt dazu, dass große, stationäre Voids entstehen, die die Bildung ausgedehnter Staubwolken unterbinden. Unter bestimmten Bedingungen gelingt es aber, stabile Staubwolken in magnetisierten Plasmen zu erzeugen. Mit Hilfe bildgebende ellipsometrischer Verfahren kann entschieden werden, ob die dann beobachteten Staubbichtwellen durch den Ionenwind getrieben sind oder durch räumliche Variation der Staubgröße ausgelöst werden.

Gefördert von der DFG im Projekt A2 'Magnetisierte Staubbige Plasmen' des SFB-TRR24 Greifswald-Kiel.

P 1.6 Mon 12:10 SPA HS201
Paramagnetische Mikropartikel in RF-Plasmen mit externen Magnetfeldern — ●MARIAN PUTTSCHER und ANDRÉ MELZER — Institut für Physik, Uni Greifswald

Mit diesem Beitrag werden experimentelle Untersuchungen an kolloidalen Plasmen, die (super-) paramagnetische Mikropartikel enthalten, präsentiert. Die Mikropartikel können durch ihre elektrische Aufladung in der Randschicht des Plasmas eingefangen werden und interagieren mittels eines abgeschirmten Coulombpotentials. In diesen Experimenten werden externe (sowohl homogene als auch inhomogene) Magnetfelder verwendet, um zusätzliche Wechselwirkungen zu erzeugen. Betrachtet werden zweidimensionale Partikelwolken sowie einzelne eingefangene Mikropartikel. Die Systeme werden in zwei unterschiedlichen Experimenten studiert, in einem Experiment mit niedrigen Feldstärken bis 1.2 mT und einem Experiment mit hohen Feldstärken bis 120 mT.

Das Verhalten der paramagnetischen Partikel ist deutlich verschieden von dem dielektrischer Plastikpartikel (z.B. Melamin-Formaldehyd), welche eine weite Verbreitung in Experimenten zu kolloidalen Plasmen finden. Es wird gezeigt, dass insbesondere auch nicht-magnetische Beiträge eine bedeutende Rolle in der Wechselwirkung der paramagnetischen Teilchen spielen.

Diese Arbeit wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft durch den SFB TR-24, Projekt A3 unterstützt.

P 2: Magnetic Confinement I

Time: Monday 10:30–12:50

Location: SPA HS202

Invited Talk

P 2.1 Mon 10:30 SPA HS202

Die Physik intermittenter Transportprozesse in der Randschicht von Fusionsplasmen — ●GREGOR BIRKENMEIER¹, PETER MANZ¹, DANIEL CARRALERO¹, FLORIAN LAGGNER², MATTHIAS WILLENSDORFER¹, ELISABETH WOLFRUM¹, GOLO FUCHERT³, ULRICH STROTH¹ und DAS ASDEX UPGRADE TEAM¹ — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Boltzmannstr. 2, 85748 Garching, Deutschland — ²Institut für Angewandte Physik, Technische Universität Wien, Österreich — ³Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie, Universität Stuttgart, Deutschland

In modernen Fusionsexperimenten wird der vom Plasma ausgehende Wärme- und Teilchenfluss parallel zum Magnetfeld gezielt in einen besonders robusten Bereich, den so genannten Divertor, abgeführt. Zusätzlich bilden sich heiße und dichte Filamente, so genannte Blobs, die sich senkrecht zum Magnetfeld vom Plasma ablösen und die Wand im Haupttraum jenseits des Divertors erreichen können. Wie diese Blobs einen signifikanten Beitrag zum Energie- und Teilchentransport in der Randschicht von Fusionsplasmen leisten können, wird in diesem Vortrag diskutiert. In einem Überblick werden aktuelle Blobmodelle vorgestellt und mit Messungen am Tokamak ASDEX Upgrade verglichen. Dafür werden verschiedene Diagnostiken wie Langmuirsonden, schnelle Kameras und die Lithiumstrahldiagnostik eingesetzt, um den Einfluss heißer Ionen und Resistivität auf die Blobdynamik zu studieren. Ziel dieser Untersuchungen ist es, die Rolle der Blobs in reaktorrelevanten Szenarien nahe des Dichtelimits zu klären.

Topical Talk

P 2.2 Mon 11:00 SPA HS202

High density operation using pellet fuelling on ASDEX Upgrade — ●P.T. LANG¹, M. BERNERT¹, L. CASALI¹, R. FISCHER¹, O. KARDAUN¹, G. KOCSIS², M. MARASCHEK¹, A. MLYNEK¹, B. PLÖCKL¹, F. RYTER¹, T. SZEPESI², G. TARDINI¹, H. ZOHM¹, and ASDEX UPGRADE TEAM¹ — ¹MPI für Plasmaphysik, Boltzmannstr. 2, 85748 Garching, Germany — ²Wigner RCP, RMI, P.O.Box 49, H-1525 Budapest-114, Hungary

Operating a future fusion reactor at high central densities is needed to maximise fusion power. However, an empirical density limit called Greenwald density n_{Gw} is encountered for gas fuelling. Energy confinement degradation takes place already at about $0.8 \times n_{Gw}$. This limitation can be overcome by injecting mm size pellets of frozen Deuterium. The reason is that the pellets provide a particle source inside the plasma region where a critical density exists. An advanced launching system for efficient pellet fuelling has been developed and is applied at the ASDEX Upgrade tokamak. With this system reliable and reproducible high density operation was demonstrated. Core densities have been achieved up to $1.7 \times n_{Gw}$ in steady state, and up to $4 \times n_{Gw}$ transiently, while keeping the edge density always below n_{Gw} . As an additional benefit, edge localized mode activity, responsible for intense transient heat loads to plasma facing components, can be mitigated in the high density regime. By extending the accessible plasma density range beyond $0.85 \times n_{Gw}$, the conventional energy confinement scaling no longer applies. As this regime is of special interest for the design of future larger tokamak devices, a more refined scaling has been derived.

Topical Talk

P 2.3 Mon 11:25 SPA HS202

Characterisation of plasma start-up using ECRH in preparation of W7-X operation — ●M. PREYNAS¹, H. P. LAQUA¹, M. OTTE¹, T. STANGE¹, T. WAUTERS², H.T. KIM³, D. ASSMUS¹, H. IGAMI⁴, S. KADO⁵, S. KOBAYASHI⁵, S. KUBO⁴, T. MUTOH⁴, K. NAGASAKI⁵, T. SHIMOZUMA⁴, and Y. YOSHIMURA⁴ — ¹IPP, D-17491 Greifswald, Germany — ²Ass. Euratom-Belgian State, LPP-ERM/KMS, 1000 Brussels, Belgium — ³EURATOM/CCFE Fusion Ass., Abingdon, OX14 3DB, UK — ⁴NIFS, Toki 509-5292, Japan — ⁵IAE, Kyoto University, Japan

Although Electron Cyclotron Resonance Heating (ECRH) is used for pre-ionization and plasma breakdown in both tokamaks and stellarators, a complete theoretical model taking into account all the main physical processes is still missing. The main purpose is to insure reliable plasma start-up in the upcoming operation of W7-X stellarator. In addition to the standard scenario corresponding to on-axis heating in X2-mode, off-axis heating and X3-mode scenarios are also requested to insure plasma operation at lower magnetic field. In order to clarify the dominant physical process in the initial start-up phase governing

the breakdown time, dedicated plasma start-up experiments were performed on several stellarators: WEGA, Heliotron-J and LHD. The DYON code, initially developed to simulate plasma burn-through in tokamaks, has been extended for stellarator application. The experimental characterization is presented and compared with first modeling results. Finally, extrapolation for plasma start-up scenario on W7-X is discussed.

P 2.4 Mon 11:50 SPA HS202

Suppression of the runaway electron generation by massive gas injection at TEXTOR — ●ANDREY LVOVSKIY¹, HANS R. KOSLOWSKI¹, and LONG ZENG² — ¹Institute of Energy and Climate Research - Plasma Physics, Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich, Germany — ²Institute of Plasma Physics, Chinese Academy of Sciences, Hefei, China

Runaway electrons (RE) are a serious threat for the first wall of the ITER tokamak. The mitigation of RE may be an insufficient action for the safety of such large tokamak. A safer approach is to completely suppress the generation of RE in ITER.

Massive gas injection (MGI) may be one of the possible techniques for the suppression of RE generation. However, there is still no clear evidence that MGI effects so.

TEXTOR tokamak is well-equipped for the MGI investigation. A small disruption mitigation valve (DMV) can inject an amount of particles up to 0.25 bar*liter in order to trigger the disruption and reliably generate RE. A larger DMV injects up to 9 bar*liter of Ar, Ne or He to suppress the RE due to collisions. The electron density is measured during disruption by a dispersion interferometer with time resolution of 2 mks for the reference to Connor-Hastie-Rosenbluth density.

The aim of MGI experiments at TEXTOR was to determine the influence of species, amount of injected gas and the time delay between DMVs on suppression of RE generation. The suppression of RE generation in case of sufficient MGI before the current quench has been observed.

P 2.5 Mon 12:05 SPA HS202

Influence of density fluctuations on microwave propagation and mode conversion — ●ALF KÖHN¹, EBERHARD HOLZHAUER¹, JARROD LEDDY³, MARTIN O'BRIEN², MIRKO RAMISCH¹, RODDY VANN³, and THOMAS WILLIAMS³ — ¹Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie, Universität Stuttgart — ²EURATOM/CCFE Fusion Association, Culham Science Centre, Abingdon, UK — ³York Plasma Institute, Department of Physics, York, U.K.

Electron Bernstein waves (EBWs) provide a method to heat over-dense plasmas, which are otherwise inaccessible for electromagnetic waves. EBWs are very well absorbed at the electron cyclotron resonance and their harmonics in high- and low-temperature plasmas. They are of electrostatic nature and need to be coupled to electromagnetic waves injected from the outside. This coupling process usually takes place at the plasma boundary, where large density variations can occur. These variations can significantly distort the microwaves traversing this region. To investigate this interaction, simulations with the full-wave code IPF-FDMC have been performed. In a first step, the influence of a single blob will be discussed. To this end, a Gaussian shaped density perturbation is added to a homogeneous background and the spatial distribution of the electric field of the microwave after the interaction is analyzed. The model is then extended to broadband density fluctuations. Both, the deterioration of the coupling process of the EBW and the general distortion of a traversing microwave beam is investigated.

P 2.6 Mon 12:20 SPA HS202

Tritium concentration monitoring of the purge gas stream of HCPB breeder blankets in future fusion reactors — ●SYLVIA EBENHÖCH — Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Institute for Technical Physics (ITEP), Tritium Laboratory Karlsruhe (TLK)

In fusion technology it is necessary to monitor tritiated gases for process monitoring. Such a system should be able to monitor the gas without taking samples. It should also be compact, cheap, the system stability should be excellent and it should recognize changes in the activity fast.

Standard tools for activity measurements are ionization chambers

and calorimeters. Ionization chambers work without sample taking but they are gas species dependent. Also pressures in the 100 mbar range are needed. Calorimeters are not suitable to be used as process monitors and it takes several hours to get a result. For activity measurements with a calorimeter it is necessary to extract gas samples.

The Tritium Activity Chamber Experiment (TRACE) is a specially designed prototype to monitor traces of tritium in a gas sample utilizing Beta Induced X-Ray Spectroscopy (BIXS). Future fusion plants like ITER or DEMO could use such a system to monitor the purge gas streams in HCPB breeder blankets.

TRACE will explore the possibility to monitor the expected 10 ppm tritium in the helium purge gas stream. We will evaluate if a BIXS system can be used as a standard monitoring system for tritiated gases in the range of ($10^{-5} - 10^0$) mbar tritium partial pressure.

P 2.7 Mon 12:35 SPA HS202

P 3: Plasma Technology I

Time: Monday 14:00–16:00

Location: SPA HS201

Invited Talk

P 3.1 Mon 14:00 SPA HS201

Spots on cathodes of DC glow and arc discharges: self-organization theory and its applications — ●MIKHAIL BENILOV — Departamento de Física, CCEEE, Universidade da Madeira, Largo do Município, 9000 Funchal, Portugal

A new class of stationary solutions in the theory of glow discharges and plasma-cathode interaction in arc discharges has been found during the past 15 years. These solutions exist simultaneously with the solution given in textbooks, which describes a discharge mode with a uniform or smooth distribution of current over the cathode surface, and describe modes with various configurations of cathode spots: normal spots on glow cathodes, patterns of multiple spots recently observed on cathodes of glow microdischarges, spots on arc cathodes. In particular, these solutions show that cathode spots represent a manifestation of self-organization caused by basic mechanisms of near-cathode space-charge sheath; another illustration of the richness of the gas discharge science. As far as arc cathodes are concerned, the new solutions have proved relevant for industrial applications. This talk is dedicated to analysis of properties of these solutions and their physical meaning. The analysis is performed in the context of general trends of self-organization in bi-stable nonlinear dissipative systems, which allows one to treat glow discharges and arc-cathode interaction within a single framework and offers a possibility of systematic computation of the multiple solutions. Relevant computational aspects and possible directions of future work are discussed.

Invited Talk

P 3.2 Mon 14:30 SPA HS201

Simulation technischer Plasmen — ●THOMAS MUSSENBRÖCK — Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, 44780 Bochum

Technische Plasmen sind vielfältig und interdisziplinär. Auf Grund ihrer einzigartigen Eigenschaften haben die industriellen und kommerziellen Anwendungen stark auf das tägliche Leben Einfluss genommen. Als Beispiel sei hier nur die Fabrikation mikroelektronischer Bauelemente und Schaltungen und die Herstellung nanostrukturierter Funktionsschichten genannt. Die physikalischen Parameter sowie die Zeit- und Längenskalen, die maßgeblich das Verhalten der technischen Plasmen bestimmen, spannen dabei einen sehr großen Bereich auf, der sich über viele Größenordnungen erstreckt. Als Konsequenz werden technische Plasmen als hierarchisch, mehrskalig oder auch hybrid bezeichnet. In diesem Zusammenhang werden die wichtigen und oftmals multiphysikalischen Phänomene auf der Basis der räumlichen und zeitlichen Skalen kategorisiert und im Rahmen von Multiskalenmodellen beschrieben. Eine der größten wissenschaftlichen Herausforderungen ist dabei neben der korrekten Beschreibung der jeweils interessierenden physikalischen Effekte die Effizienz der entsprechenden Simulationsprogramme. In diesem Beitrag wird die Fragestellung adressiert, welche Modelle geeignet sind, um 1) die Diversität technischer Plasmen zu erfassen und 2) den Anforderungen der wissenschaftlichen Exaktheit und Simulationseffizienz zu genügen.

P 3.3 Mon 15:00 SPA HS201

Plasma Simulations of a Sputter Source at Atmospheric

Tritium adsorption and desorption measurement on fusion relevant materials by beta induced spectrometry — ●MARCO RÖLLIG — Karlsruhe Institute of Technology, ITEP-TLK, Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen

The use of tritium in future fusion power plants has the potential to make a major contribution to a sustainable and secure energy supply. For economic, licensing and safety reasons, tritium confinement in the fusion fuel system must be absolutely assured. Tritium adsorbed on a surface or diffused into a bulk material can escape from the fuel system and is lost for the process. Therefore, tritium confinement can be optimized by the use of materials with low adsorption and diffusion tendency. The Tritium Adsorption/Desorption (TRIADe) Experiment is dedicated to investigate the tritium adsorption/desorption on fusion relevant materials by Beta Induced X-ray Spectrometry (BIXS) and mass spectrometry. The experimental setup and first results of the tritium measurements will be presented.

Pressure — ●HORIA-EUGEN PORTEANU¹, ULRICH HORNAUER^{1,2}, and ROLAND GESCHE^{1,2} — ¹Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz Institut für Höchstfrequenztechnik, Berlin, Deutschland — ²Beaplas GmbH, Berlin, Deutschland

Sputtering at atmospheric pressure is a new application of microplasma sources. Microwave energy is used to ionize helium atoms and to maintain a certain electron and gas temperature. Additionally to the microwave field, a dc field is applied in order to accelerate He atoms toward an Au target. In spite of the high density of the gas at atmospheric pressure, He atoms can acquire sufficiently high kinetic energy from the dc field because of their small collision cross section. High speed He atoms are then able to remove Au atoms from a target and to sputter them on different cold surfaces at a distance of few mm. In this contribution we present simulations within the plasma module of the COMSOL Multiphysics[®] software. Gasflow, microwave and dc fields, and plasma fluid model are combined in order to describe the physical processes. Electron density and plasma potential are compared with experimental data obtained in different conditions with Langmuir I-V measurements. Gas velocity and electron density distributions are calculated for different geometric arrangements in order to improve the deposition rate.

P 3.4 Mon 15:15 SPA HS201

Speckle and Shadowgraphy Techniques for the Diagnostic of Switching Arcs — ●JAN CARSTENSEN, EMMANOUIL PANOUSIS, PATRICK STOLLER, and MICHAEL SCHWINNE — ABB Corporate Research, Baden-Dättwil, 5405, Switzerland

Gas circuit breakers (GCBs) are vital for the protection of electricity transmission networks. The interruption of high currents at high system voltages is done by the quenching of electric arcs. The diagnostics of these kind of arc discharges is challenging because of the short time and length scales involved but indispensable for a better understanding of the switching capability of GCBs. In this contribution shadowgraphy and speckle measurements of the high and low current phase of switching arcs are presented; they are sensitive to the first and second derivatives of the refractive index of the arcing medium, respectively. The combination of a 20 ns pulse laser with a high resolution camera (16 MP) reveals the boundary layer between the arc and the superimposed gas flow in detail. For nearly axis-symmetric arcs, it is even possible to obtain quantitative information about the gas density and temperature in the arcing zone.

P 3.5 Mon 15:30 SPA HS201

Diagnostics of high-current vacuum arcs for simple electrode geometries — ●KRISTOFFER OLE MENZEL, LUKAS HOFSTETTER, ROMEO BIANCHETTI, and THIERRY DELACHAUX — ABB Switzerland Ltd, Corporate Research Center, 5405 Baden-Dättwil, Switzerland

Vacuum interrupters (VI) represent the state-of-the-art technology for high-current interruption at medium AC-voltages of 1kV-36kV. While breaking the current a vacuum arc is ignited between the contacts of the VI. The arc is sustained by copper vapor from the hot electrodes. Due to the pinch effect the arc will appear in a constricted mode for

currents above 10kA-15kA resulting in a high thermal load on the VI contacts. To successfully break these high currents, the electrodes are often designed such that an additional transverse magnetic field (TMF) is generated, which induces a motion of the arc. A detailed understanding of the underlying mechanisms of these constricted arcs is of great interest to increase the performance of the VIs. Therefore, in this contribution, measurements of the main characteristics of constricted arcs are presented. In order to allow for an easy diagnostic approach the experiments were conducted for simplified electrode geometries. Besides using high-speed camera videos and arc voltage measurements the high-density copper plasmas were investigated using optical emission spectroscopy. The resulting spectra allow to determine temperature and pressure evolutions when compared with results from FEM simulations. The appearance of Cu(III) lines hints at plasma temperatures above 3eV.

P 3.6 Mon 15:45 SPA HS201

Einfluss von Dichteänderung und Segregation auf die elektrische Isolationsfähigkeit von Gasgemischen — ●THOMAS HAMMER — Siemens AG, CT RTC PET, Günther-Scharowsky-Str. 1, 91058

Erlangen

Gasgemische sind ein bewährtes Mittel für die elektrische Isolation in Anlagen der Energieverteilung und Übertragung im Mittel- und Hochspannungsbereich. Die dielektrische Festigkeit der Gasisolation hängt dabei maßgeblich von der Massendichte und der Zusammensetzung des Gasgemisches ab. Deshalb wurde der Einfluss physikalischer Prozesse, die zu Dichteänderung oder Segregation in Gasgemischen führen können und so die dielektrische Festigkeit beeinflussen, anhand einer Reihe von Modellen exemplarisch am Beispiel von SF₆-N₂-Mischungen untersucht. Die dielektrische Festigkeit wurde dabei anhand der durch numerische Simulation [1] ermittelten kritischen reduzierten elektrischen Feldstärke des Gasgemisches bewertet. Die untersuchten Phänomene umfassen Barodiffusion, Thermodiffusion, Kondensation, und Elektrophorese sowie die diesen Prozessen entgegenwirkende Konvektion. Modelle und Ergebnisse werden exemplarisch vorgestellt.

[1] T. Hammer: Model Calculation of Negative Wire-Cylinder Corona Discharge Properties in Humid Synthesis Gas. International Journal of Plasma Environmental Science & Technology, Vol. 6, No. 1, 20-24 (2012)

P 4: Theory of Quantum Plasmas I

Time: Monday 14:00–15:15

Location: SPA HS202

Invited Talk

P 4.1 Mon 14:00 SPA HS202

Collective modes of nonideal quantum systems in traps: from nanoplasmas to cold atoms — ●JAN WILLEM ABRAHAM and MICHAEL BONITZ — Institut für theor. Physik und Astrophysik, CAU Kiel

We present a systematic approach to the theoretical description of the quantum breathing mode (QBM) – the radial expansion and contraction of a trapped system. In contrast to macroscopic systems, trapped systems are dominated by strong spatial inhomogeneity and finite size effects. While trapped classical particles are meanwhile well understood and accessible to first-principle computer simulations, their quantum counterparts still pose big challenges. In recent years numerous theoretical studies have demonstrated that the QBM is ideally suited to measure the coupling strength of a trapped system, its mean kinetic and interaction energy and other key observables [1]. In this talk, we show our results for trapped fermions and bosons with Coulomb and dipole interaction, respectively. We relate the breathing frequencies to the properties of the initial equilibrium system, giving rise to the application of the quantum mechanical sum rules. We demonstrate how an improved version of the conventional sum rule formulas is suitable for an accurate description of the QBM in one- and two-dimensional systems [2, 3].

[1] C.R. McDonald et al., Phys. Rev. Lett. **111**, 256801 (2013)
[2] J.W. Abraham et al., New J. Phys. **16** 013001 (2014) [3] J.W. Abraham et al., Contrib. Plasma Phys., in press

P 4.2 Mon 14:30 SPA HS202

Structural dynamics of warm dense noble metals — ●FAIROJA CHEENICODE KABEER, EEUWE S. ZIJLSTRA, and MARTIN E. GARCIA — Theoretical Physics, University of Kassel, Heinrich-Plett-Str. 40, 34132-Kassel, Germany.

The dynamical structural evolution of warm dense noble metals immediately following the intense extreme ultra-violet (XUV) optical excitations is important to understand the transition from warm dense matter to an ideal plasma state microscopically. In particular, so far, it is unknown, whether this transition occurs via thermal equilibration of hot electrons and cold atoms or nonthermally in the presence of hot electrons and cold atoms. Here we used density functional theory to compute the response of the phonon spectra of copper and silver in the presence of a core hole, with hot and cold electrons. We found that the average interatomic bonds become stronger in the warm dense state of both noble metals. The implications of this finding for the relaxation dynamics of warm dense matter to the plasma state are discussed.

P 4.3 Mon 14:45 SPA HS202

Quantum-statistical theory for plasma pressure broadening

for H-like emitters — ●SONJA LORENZEN — Institute of Physics, University of Rostock, D-18051 Rostock, Germany

To apply spectroscopy as a diagnostic tool for dense plasmas, a theoretical approach to pressure broadening is indispensable. Here, a quantum-statistical theory is used to calculate spectral line shapes of H and H-like Li. Ionic perturbers are treated quasi-statically as well as dynamically via frequency fluctuation model and model microfield method, see [1]. Electronic perturbers are treated in impact approximation. Strong electron emitter collisions are consistently taken into account with an effective two-particle T-matrix approach, see [2]. Convergent close coupling calculations give scattering amplitudes including Debye screening for neutral emitters. For charged emitters, the effect of plasma screening is estimated. Considered electron densities reach up to $n_e = 10^{27} \text{ m}^{-3}$. Temperatures are between $T = (10^4 - 10^5) \text{ K}$. Results for Lyman lines are compared with a dynamically screened Born approximation.

[1] Sonja Lorenzen, *Comparative study on ion-dynamics for broadening of Lyman lines in dense hydrogen plasmas*, Contributions to Plasma Physics, **53**, 368-374 (2013)

[2] Sonja Lorenzen, August Wierling, Heidi Reinholz, Gerd Röpke, Mark C. Zammit, Dmitry V. Fursa, and Igor Bray, *Quantum-statistical line shape calculation for Lyman-alpha lines in dense H plasmas*, J. Phys.:Conf. Ser., **397**, 012021 (2012)

P 4.4 Mon 15:00 SPA HS202

High-quality multi-GeV electron bunches via cyclotron autoresonance — ●JIANXING LI¹, BENJAMIN J. GALOW¹, YOUSEF I. SALAMIN^{1,2}, ZOLTÁN HARMAN¹, and CHRISTOPH H. KEITEL¹ — ¹Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg, Germany — ²Department of Physics, American University of Sharjah, Sharjah, United Arab Emirates

Autoresonance laser acceleration of electrons is theoretically investigated using circularly polarized focused Gaussian pulses. Many-particle simulations demonstrate feasibility of creating over 10-GeV electron bunches of ultrahigh quality (relative energy spread of order 10^{-4}), suitable for fundamental high-energy particle physics research. The laser peak intensities and axial magnetic field strengths required are up to about 10^{18} W/cm^2 (peak power $\sim 10 \text{ PW}$) and 60 T, respectively. Gains exceeding 100 GeV are shown to be possible when weakly focused pulses from a 200-PW laser facility are used. In our parametric study of this acceleration scheme, substantial challenges still need to be dealt with, especially on the road to realizing experimentally the required high magnetic field strengths and laser powers.^[1]

[1] B. J. Galow, J.-X. Li, Y. I. Salamin, Z. Harman, C. H. Keitel, Phys. Rev. ST Accel. Beams **16**, 081302 (2013).

P 5: Low Temperature Plasmas I

Time: Monday 16:30–18:25

Location: SPA HS201

Invited Talk

P 5.1 Mon 16:30 SPA HS201

Guide field effects on magnetic reconnection — ●ADRIAN VON STECHOW¹, OLAF GRULKE¹, and THOMAS KLINGER^{1,2} — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Greifswald — ²Ernst Moritz Arndt-Universität Greifswald

Magnetic reconnection, a topological rearrangement of opposed magnetic fields, is a ubiquitous plasma phenomenon and is suggested to play an important role in, e.g., particle acceleration and heating. The details of the reconnection process depend strongly on the magnetic field configuration. A superimposed guide field has been shown to alter fundamental reconnection parameters due to modifications of the current pattern, by e.g. inhibiting Hall currents and causing a pile-up of magnetic flux at the X-point. Additionally, electromagnetic micro-instabilities are believed to contribute to the fast reconnection process.

The present contribution deals with the detailed experimental study of the current sheet fluctuations under varying guide field conditions. The experiments are conducted in two paradigmatic and complementary laboratory configurations: MRX (PPPL, Princeton) is a closed field line, toroidal device with a weak guide field and a Harris sheet-like reconnection current. In contrast, VINETA II (IPP, Greifswald) is an open field line, linear and moderate to high guide field experiment in which the current sheet is predominantly set by the magnetic field geometry. Despite the different configurations, observed instabilities show similar features such as localization within the current sheet, broadband frequency spectra in the lower hybrid range and extremely short correlation lengths.

Topical Talk

P 5.2 Mon 17:00 SPA HS201

The influence of small oxygen admixture to helium on the barrier discharge operation — ●MARC BOGACZYK¹, LENKA DOSOUDILOVA², ROBERT TSCHIERSCHE¹, and HANS-ERICH WAGNER¹ — ¹Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt Universität, 17489 Greifswald — ²Department of Physical Electronics, Masaryk University, 60200 Brno

An innovative discharge cell configuration allows the investigation of important volume and surface processes during He/O₂ barrier discharge (BD) operation. The influence of small oxygen admixtures on the discharge mode was studied by electrical measurements combined with the electrically triggered cross-correlation spectroscopy disclosing the discharge development, and the measurement of surface charges on a BSO crystal by means of the electro-optic Pockels effect. A crucial influence of oxygen on the microdischarge (MD) formation is the effective quenching of helium metastables which induce secondary electron emission as well as Penning ionization of nitrogen impurities substantial for diffuse BDs. In the case of sine-driven BDs, adding more than 250 ppm of oxygen to helium causes a transition from the diffuse Townsend-like mode to filamentary MDs. In particular, the transition region is characterized by a rising number of successive Townsend-like breakdowns per half-period connected with an increasing oxygen admixture. Finally, the transition to the square-driven discharge operation results in higher power input which in turn aids filamentation, too. Supported by "Deutsche Forschungsgemeinschaft, Sonderforschungsbereich SFB TR24".

P 5.3 Mon 17:25 SPA HS201

A high power helicon discharge as prototype for a plasma wakefield accelerator experiment — ●BIRGER BUTTENSCHÖN¹, PHILIPP KEMPES^{1,2}, OLAF GRULKE¹, and THOMAS KLINGER^{1,2} — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Greifswald — ²Ernst Moritz Arndt-Universität Greifswald

Proton-driven plasma wakefield accelerators (PWAs) are a very promising concept for future electron/positron accelerators with output beam energies in the TeV range. Simulations show that considerable acceleration is achieved at plasma densities exceeding $n_e = 7 \times 10^{19} \text{ m}^{-3}$, with high demands on the axial plasma density homogeneity.

A commonly used approach for PWAs is to use laser generated plasmas, which are limited in length by the available laser energy. Helicon wave heated plasmas, however, do not suffer from this limitation, since the heating power can be injected via a distributed set of antennas along the plasma column. This approach is in principle scalable to arbitrary lengths, while the heating mechanism does not incorporate an

intrinsic limit for the plasma density. However, unparalleled heating powers on the order of 50 kW/m are required to reach the envisaged plasma densities.

This contribution presents studies on a one meter long helicon wave heated plasma cell being designed as prototype for a proton-driven PWA experiment. At heating powers up to 35 kW, the plasma is characterized with respect to peak densities and overall performance compared to power balance calculations and wave dispersion relations.

P 5.4 Mon 17:40 SPA HS201

Elektronendichte und -energien in Guided-Streamer Entladungen in Argon — ●SIMON HÜBNER, SVEN HOFMANN, EDDIE VAN VELDHIJZEN and PETER BRUGGEMAN — Eindhoven University of Technology, Niederlande

In dieser Studie zeigen wir räumlich und zeitlich aufgelöste Messungen der Elektronendichte und mittleren Energien an reproduzierbaren Streamern, auch "Guided streamer" genannt, in Argon mit Hilfe von Thomson-Streuung. Ein positiver 3.5 kV Puls, mit einer Pulslänge von 500 ns und mit einer Wiederholfrequenz von 5 kHz wurde mit einem 20 W, frequenzverdoppeltem Nd:YAG Lasersystem synchronisiert. Ein Spektrometer mit dreifacher Gitteranordnung und ICCD Kamera dient der Aufnahme des (Thomson) gestreuten Laserlichts. Die Reproduzierbarkeit des Plasmas im ns-Bereich erlaubt die Akkumulation von Laser/Plasmaentladungen und eine akkurate räumliche Vermessung des Plasmas. Die gemessene Elektronendichteverteilung weist ein anfängliches Maximum von ungefähr $n_e = 8 \times 10^{19} \text{ m}^{-3}$ und eine mittlere Elektronenenergie von 4.5 eV auf. Die mittlere Energie fällt danach steil (ca. 100 ns) ab, es bildet sich ein kalter Leitungskanal mit Elektronenenergien von 0.3 eV. Auch eine 2D Verteilung der Elektronendichte konnte gemessen werden. Besonders interessant ist hierbei die Verteilung des Streamerkopfes, der signifikant breiter im Durchmesser ist als der Licht-emittierende Kanal. Eine Korrelation des Streamerkopfes mit der erwarteten Restionisation konnte gezeigt werden.

P 5.5 Mon 17:55 SPA HS201

Plasma Chemistry Induced by Low Energy Electron Beams — ●ANDREAS HIMPSL¹, THOMAS DANDL¹, THOMAS HEINDL¹, ALEXANDER NEUMEIER¹, JOCHEN WIESER², and ANDREAS ULRICH¹ — ¹Physik Department E12/E15, Technische Universität München, James-Frank-Str. 1, 85748 Garching — ²excitech GmbH, Brantereie 33, 26419 Schortens

A table-top setup for studying plasma chemical reactions is described. Low energy (15 keV) electrons are used to induce the chemical reactions. The experiments are performed with gases and gas mixtures at atmospheric pressure. The radiolysis of CO₂ is studied as an example and a G-value of 3 was achieved for a gas flow of 14 ml/min. The experiments were performed with a total beam power of 450 mW sent into a gas cell with a volume of 40 mm³. Mass spectrometry and a spectroscopic study were used for the diagnostics. A catalytic effect of xenon for the splitting of CO₂ molecules was observed and supported by comparative measurements with Ar-CO₂ and Ar-Xe-CO₂ mixtures. The power deposition profiles in the target cell are discussed on the basis of a numerical model. This work has been supported by the Maier-Leibnitz-Laboratorium München.

P 5.6 Mon 18:10 SPA HS201

E-H-mode transition in inductively coupled RF oxygen discharges. — ●THOMAS WEGNER, CHRISTIAN KÜLLIG, and JÜRGEN MEICHSNER — Institute of Physics, University of Greifswald

The mode transition of a planar inductive coupled radio frequency (ICRF) discharge in oxygen was detailed investigated by several diagnostics. Firstly, the optical emission of atomic oxygen was measured phase and space resolved (PROES). The optical excitation rate patterns from rf sheath heating and electric field reversal in the E-mode change to two excitation rate patterns in the first and second half of the RF cycle in the H-mode, respectively. In particular, the electric field reversal reveals a high electronegativity in the E-mode. All in all, the analysis of the excitation rates enables the distinction of the operation modes. Additionally, the gas temperature was determined by measuring the emission of the atmospheric A-band of the oxygen molecule at 760 nm. In the E-mode, the gas temperature is compa-

able to room temperature (300K) and increases up to 600K in the H-mode. The line integrated electron density, measured by microwave interferometry, increases during the E-H-mode transition up to two orders of magnitudes from 10^{15} to 10^{17} m⁻² depending on the total gas pressure. Using the electron density, gas and electron tempera-

ture the electron impact ionization rate was calculated. The behavior of the electron impact ionisation rate during the E-H-mode transition provides an indication for a decreasing electronegativity. //Funded by the DFG CRC/Transregio 24, project B5.

P 6: Theory and Modelling

Time: Monday 16:30–18:45

Location: SPA HS202

P 6.1 Mon 16:30 SPA HS202

Analysis of electrode asymmetry effects in oxygen ccrf discharge plasmas — ●IGOR SHEYKIN, MARKUS M. BECKER, and DETLEF LOFFHAGEN — INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald

Capacitively coupled radio frequency (ccrf) discharges between plane-parallel electrodes are generally asymmetric, where effects of asymmetry are especially important at lower pressures. In modelling studies of such discharges a symmetric geometry is usually used. In the present contribution a time-dependent, spatially one-dimensional fluid model containing continuity equations for the densities of electrons and relevant heavy particles, the electron energy balance equation and Poisson's equation and taking the discharge asymmetry in accordance with [1] is used to analyse the influence of the discharge asymmetry on the plasma parameters. First results are discussed for oxygen plasmas at the experimental conditions given in [2] for a pressure of 30 Pa and applied voltages between 200 and 500 V at a frequency of 13.56 MHz. The modelling results show that the calculated bias voltages are in good agreement with measured ones. The charged particles obtained by modelling have similar distributions over the gap in symmetric and asymmetric discharges, but their shapes differ more with larger asymmetry of the discharge particularly in front of the electrodes.

The work was supported by Deutsche Forschungsgemeinschaft within SFB TRR 24.

[1] M. S. Barnes et al., J. Appl. Phys. **61** (1987) 81

[2] C. Küllig et al., Plasma Sources Sci. Technol. **19** (2010) 065011

P 6.2 Mon 16:45 SPA HS202

The characteristics of RF modulated plasma boundary sheaths: A numerical study of the standard model — ●SCHABNAM NAGGARY and RALF PETER BRINKMANN — Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, 44801 Bochum, Deutschland

The characteristics of radio frequency (RF) modulated plasma boundary sheaths are studied within the so-called "standard model". This model assumes that the applied radio frequency ω_{RF} is considerably larger than the plasma frequency of the ions but smaller than that of the electrons. It comprises a phase-averaged ion model – consisting of an equation of continuity (with ionization neglected) and an equation of motion (with collisional ion-neutral interaction taken into account) –, a phase resolved electron model – consisting of an equation of continuity and the assumption of Boltzmann equilibrium –, and Poisson's equation for the electrical field. Previous investigations have studied the standard model under additional approximations, most notably the assumption of a step-like electron front [V.A. Godyak and Z.K. Ghanna, *Sov. J. Plasma Phys.* **6**, 372 (1979)]. This manuscript presents an investigation and parameter study of the standard model which avoids any further assumptions. The resulting density profiles and overall charge-voltage characteristics are compared with those of the step-model based theories of Lieberman for the non-collisional [M.A. Lieberman, *IEEE Trans. Plasma Sci.* **16**, 638 (1988)] and fully collisional [M.A. Lieberman, *IEEE Trans. Plasma Sci.* **17**, 338 (1989)] limiting cases.

P 6.3 Mon 17:00 SPA HS202

PlasmaPIC: 3D plasma simulation tool — ●ROBERT HENRICH, MICHAEL BECKER, and CHRISTIAN HEILIGER — I. Physikalisches Institut, Justus-Liebig-Universität Gießen

We present our self developed PlasmaPIC simulation tool, which is a full 3D particle in cell (PIC) simulation tool. PlasmaPIC is well suited for describing inductively coupled plasmas in micro Newton radio frequency ion thrusters. Until a few years ago such a simulation was inconceivable for modeling radio frequency ion thruster (RIT) on the order of a few centimeters due to the enormous computational effort.

In our PlasmaPIC simulation tool we reduce the calculation time from months to several hours, by incorporating a very efficient massive parallelization. In addition, our PlasmaPIC simulation tool can handle arbitrary geometries, which can be imported from CAD tools. By using PlasmaPIC we are able to determine precisely all plasma parameters in our thruster even with very high temporal and spatial resolution. In contrast, this precise determination cannot be done by measurements, because the plasma parameters cannot appropriately measured in our small thruster without influencing it. Especially, for a better understanding and hence further optimizations of our thruster precise plasma parameters are necessary. For that reason our PlasmaPIC simulation tool is required. With our PlasmaPIC simulation tool we are now on the verge to predict performance parameters for new designs of our thrusters on a microscopic level.

P 6.4 Mon 17:15 SPA HS202

Weakly adaptive particle weighting algorithms in Particle in Cell Codes. — ●DENIS EREMIN, RALF PETER BRINKMANN, and THOMAS MUSSENBRÖCK — Ruhr-Universität Bochum, Universitätsstrasse 150, Bochum, Deutschland

Particle-in-cell simulations of low-temperature plasmas are often made in 2D cylindrical (r,z) geometry, following typical symmetry of the experimental facilities. In such a geometry one usually discretizes electrostatic field (electromagnetic fields) on a grid, which is either uniform in r squared, or uniform in r. The second method of discretization yields better resolution of the field(s) near the axis, but requires an adaptive weighting algorithm for the particles. Assuming constant number of superparticles in each cell at the beginning of the simulation (which is warranted by the statistical nature of the PIC codes), initial superparticle weights must be proportional to their radial position. During the simulation, superparticle with large weights coming from the radial periphery close to the axis tend to replace the particles with small weights initially located at the axis, which leads to dramatic increase of the statistical noise there. The superparticles with small weights, in turn, tend to accumulate close to the periphery of the discharge, which is undesired due to the memory limitations. Once in a while, superparticles with large weights must therefore be split in the course of their motion toward the axis, and superparticles with small weights must be merged as they tend toward the radial periphery of a discharge. In this contribution the authors discuss how to construct such an algorithm which would disturb the physics of the discharge only minimally.

P 6.5 Mon 17:30 SPA HS202

Revision of the Coulomb logarithm in the ideal plasma — ●PETER MULSER¹, GERNOT ALBER¹, and MASAKATSU MURAKAMI² — ¹Institut für Angewandte Physik, TU Darmstadt, Hochschulstr. 6, 64289 Darmstadt — ²Institute of Laser Engineering (ILE), Osaka University, Yamada kami, Osaka, Japan

The standard picture of the Coulomb logarithm in the ideal plasma is controversial and self-contradictory, the arguments for the lower cut off need revision. The two cases of far subthermal and of far superthermal electron drift motions are accessible to a rigorous analytical treatment. We show that the lower cut off b_{min} is a function of symmetry and shape of the shielding cloud, it is not universal. In the subthermal case shielding is spherical and b_{min} is to be identified with the de Broglie wavelength; at superthermal drift the shielding cloud exhibits cylindrical (axial) symmetry and b_{min} is the classical parameter of perpendicular deflection. In both situations the cut offs are determined by the electron-ion encounters at large collision parameters. This is in net contrast to the governing standard meaning that attributes b_{min} to the Coulomb singularity at vanishing collision parameters b and, consequently, assigns it universal validity. The origin of the contradictions in the traditional picture is analyzed.

P 6.6 Mon 17:45 SPA HS202

Modellierung einer Indium(I)iodid Niederdrucklampe — ●WILLIAM TRUONG, CELAL MOHAN ÖGÜN und RAINER KLING — Lichttechnisches Institut des Karlsruher Instituts für Technologie, Engesserstr. 13, Gebäude 30.34, 76131 Karlsruhe, Deutschland

Die Kompaktleuchtstofflampen sind in der Allgemeinbeleuchtung sehr verbreitet, aber kämpfen noch immer gegen Akzeptanzprobleme, da sie wie vor das gesundheitsschädliche Quecksilber als elementarer Bestandteil enthalten. Die vorgestellte Arbeit ist Teil eines Projekts, bei dem das Quecksilber durch das nicht toxische Material Indium(I)iodid ersetzt wird. Für die Effizienzverbesserung und weitere Entwicklung dieser Lampe ist die Charakterisierung der Plasmaprozesse von größter Bedeutung. Zu diesem Zweck wurde die quecksilberfreie Niederdruckentladung nach dem erweiterten Corona-Modell modelliert. Die für das Modell benötigten unbekannt Parameter wie die Stoßquerschnitte und Diffusionskoeffizienten wurden nach dem Gryzinski-Modell und der Chapman-Enskog-Theorie berechnet. Dieses Modell ermöglicht die Bestimmung der Plasmamparameter wie Elektronendichte und Elektronentemperatur anhand der optischen Messdaten. Hinzu kommt, dass das Strahlungsverhalten der Lampe bei unterschiedlichen Rahmenbedingungen wie dem Puffergasdruck und der Coldspot-Temperatur mithilfe dieses Modells vorausberechnet werden kann. Die berechneten Emissionskoeffizienten stimmen mit den gemessenen überein.

P 6.7 Mon 18:00 SPA HS202

Non-filamentated ultra-intense and ultra-short pulses in Raman seed amplification — ●GÖTZ LEHMANN and KARL-HEINZ SPATSCHKEK — Theoretische Physik I, Heinrich-Heine Universität, Düsseldorf

Ultra-intense and ultra-short laser pulses may be generated up to the exawatt-zetawatt regime due to parametric processes in plasmas. The minimization of unwanted plasma processes leads to operational limits, which we discuss with respect to filamentation. It is shown that the limit for transverse filamentation, which originally was derived for plane waves, is actually less stringent for seed pulse propagation. Because of fast motion, the leading pulse-front can stay filamentation-free, whereas the rear parts show transverse modulations. Results from two-dimensional and three-dimensional three-wave-interaction models are compared with PIC and Vlasov simulations. Although wave-breaking occurs, the kinetic simulations show that the leading pumped pulse develops a form similar to that obtained from the three-wave-interaction model.

P 6.8 Mon 18:15 SPA HS202

Zyklotrondämpfung von parallel propagierenden Wellen in kinetischen Plasmasimulationen — ●CEDRIC SCHREINER¹ und FE-

LIX SPANIER² — ¹Lehrstuhl für Astronomie, Universität Würzburg, Deutschland — ²Center for Space Research, North-West University Potchefstroom, Südafrika

Bereich um die Zyklotronfrequenz einer Teilchenspezies des Plasmas, so tritt Zyklotrondämpfung auf, wobei Feldenergie der Welle in kinetische Energie der Teilchen umgesetzt wird.

Die analytische Beschreibung, für die das Lösen der komplexen Dispersionsrelation in warmen Plasmen nötig ist, gestaltet sich jedoch schwierig. Nur unter vereinfachenden Annahmen lassen sich die Dämpfungsrate Γ und der Realteil der Wellenfrequenz ω berechnen, sodass Näherungslösungen für schwache ($\Gamma \ll \omega$) oder starke ($\Gamma \gg \omega$) Dämpfung gefunden werden können.

Particle in Cell (PiC) Simulationen bieten die Möglichkeit, gedämpfte Wellen bei beliebigen Frequenzen nahe der Zyklotronresonanz einer Mode zu untersuchen. Dabei lassen sich Aussagen über die analytisch nur schwer zugängliche Dämpfungsrate treffen und der Einfluss der dissipierten Wellenenergie auf das Geschwindigkeitsspektrum der Teilchen nachvollziehen.

P 6.9 Mon 18:30 SPA HS202

3-D electron shear flow instabilities of an electron current sheet and generation of flux ropes in collisionless magnetic reconnection — ●NEERAJ JAIN and JOERG BUECHNER — Max-Planck/Princeton Center for Plasma Physics, Max-Planck Institute for Solar System Research, Max-Planck-Str. 2, 37191, Katlenburg-Lindau, Germany

In collisionless magnetic reconnection, electron current sheets (ECS) with thickness of the order of electron inertial length forms embedded inside an ion current sheet with thickness of the order of ion inertial length. These ECS's are susceptible to a variety of instabilities which have potential to affect the reconnection rate and/or the structures. We study three dimensional electron shear flow driven instabilities of an electron current sheet using an electron-magnetohydrodynamic model. Linear growth rate of the fastest mode drops with the thickness of ECS. The nature of the instability also changes with the thickness of ECS. When the half thickness is close to one electron inertial length, the fastest instability is two dimensional (no variations along flow direction) tearing mode and flux ropes are expected to form during the nonlinear evolution of the instability. For half thickness sufficiently larger or smaller than one electron inertial length, the fastest mode has finite variations along the direction of flow and is not tearing mode. Three dimensional nonlinear electron-magnetohydrodynamic simulations show the formation of flux ropes for the half thickness close to one electron inertial length.

P 7: Kernfusion

Time: Monday 17:30–18:30

Location: Kinosaal

Invited Talk P 7.1 Mon 17:30 Kinosaal
Status and Prospects of Nuclear Fusion Using Magnetic Confinement — ●HARTMUT ZOHN — Max-Planck-Institut fuer Plasma-physik, 85748 Garching

Studies of magnetically confined plasmas for nuclear fusion have made considerable progress in both fundamental understanding and development of technical solutions over the recent years. The talk will review the status and then discuss how a roadmap based on the ITER experiment, presently under construction in Cadarache, France, and a successor, called DEMO, aims at developing fusion as an energy source. The German Fusion Programme at FZJ, IPP and KIT plays a major role in the EU and worldwide, and the specific contributions in plasma physics and fusion technology will be highlighted. In particular, the German Programme develops both the tokamak and stellarator line of magnetic confinement and special emphasis will be given to the advantages arising from this unique strategy.

Invited Talk P 7.2 Mon 18:00 Kinosaal
Fusion mit Laser und Teilchenstrahlen für die Stromerzeugung

Stand und Perspektiven — ●MARKUS ROTH — Technische Universität Darmstadt, Institut für Kernphysik, Schlossgartenstrasse 9, 64289 Darmstadt, Germany

Neben der Energieerzeugung durch Fusion mittels magnetischen Einschluss stellt die Laserfusion eine vielversprechende Alternative dar.

Vor vier Jahren wurde das größte Lasersystem der Welt, die National Ignition Facility in den USA vollendet, welche das Ziel verfolgt, kontrollierte Zündung und Gain mittels Laserstrahlen zu demonstrieren. Bislang wurde dieses Ziel nicht erreicht. In dem Vortrag werden die hochkomplexen Experimente vorgestellt, die Diskrepanzen zur Theorie gezeigt und die neuen Erkenntnisse vorgestellt. Die stark angestiegenen Reaktionsraten und die Beobachtung der Plasma-Selbstheizung der letzten Experimente in 2013 lassen auf ein deutlich verbessertes Verständnis der zugrunde liegenden Physik schließen. Ein weiterer Aspekt sind hierbei internationale Aktivitäten zu der Idee der sogenannten schnellen Zündung. Abschließend werden die nächsten Experimente, zusätzliche, neue Konzepte und ein Plan zur Kommerzialisierung als Energieträger vorgestellt.

P 8: Diagnostics I

Time: Tuesday 10:30–12:00

Location: SPA HS201

Invited Talk

P 8.1 Tue 10:30 SPA HS201

Coherence imaging spectroscopy: A new method for measuring plasma dynamics — ●OLIVER P. FORD¹, JOHN HOWARD², MATTHIAS REICH¹, JAKOB SVENSSON¹, and ROBERT WOLF¹ — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Greifswald/Garching, Germany — ²Plasma Research Laboratory, Australian National University, Canberra, Australia

In magnetic confinement fusion plasmas, diagnosis of the magnetic field is of particular interest as it is critical to the efficiency and stability of the plasma confinement but is created partly from unknown currents in the plasma itself. High plasma temperatures restrict core diagnostics to observation of emitted radiation and magnetic field direction is typically inferred through the polarisation of Hydrogen Balmer- α emission, split by the Stark and Zeeman effects. This simultaneous spectroscopy and polarimetry usually requires complex hardware for a small number of measurements. Coherence imaging is a new technique which, with a few small crystal plates and a CCD camera, acquires images of the plasma, modulated with interference patterns that encode the spectral and polarisation information. These diagnostics are substantially simpler, more flexible and provide an order of magnitude more data than traditional systems. The basic principle of coherence imaging will be explained and measurements from the prototype Imaging Motional Stark Effect (IMSE) diagnostic recently installed on the ASDEX Upgrade Tokamak will be presented. Additionally, ion temperature and velocity measurements by Doppler coherence imaging on other small plasma devices will be presented.

P 8.2 Tue 11:00 SPA HS201

Electron beam based space charge measurement of intense ion beams — ●SAID EL MOUSSATI¹, DIETER HOFFMANN¹, SERBAN UDREA¹, DMITRY VARENTSOV², and KARIN WEYRICH² — ¹TU Darmstadt, Germany — ²GSI, Darmstadt, Germany

To determine the transverse intensity distribution of intense ion beams, an electron beam diagnostic device has been developed at the HHT experimental area of the GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung in Darmstadt. This method is based on the deflection of the electrons after passing through the electric field of the ion beam.

In this contribution the theoretical model how to determine the space charge of ion beams is described and some numerical calculations, by which we can define the range of this theoretical model, are presented. Furthermore a first experiment, which has been done with low energy cw ion beam (${}^4\text{He}^+$, 13.5keV, ~1mA) at the FRANZ-accelerator facility at the Goethe University Frankfurt, will be presented.

P 8.3 Tue 11:15 SPA HS201

Measurements of spectral line intensity by classical spectroscopic methods — ●MARINA LISNYAK¹, DMITRY KALANOV², SERGEJ GORCHAKOV¹, YURIY GOLUBOVSKII², and KLAUS-DIETER WELTMANN¹ — ¹INP Greifswald e.V., Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald — ²St. Petersburg State University, Ulyanovskaya 1, 198904 St. Petersburg, Russia

Optical emission spectroscopy (OES) is widely applied for plasma diagnostics. Evaluation of plasma parameters from the results accessed by the optical measurements has to be analysed taking into account the geometry of the plasma and the type of detector in order to avoid inaccuracy and mistakes by results interpretation. Especially, it should be taken into account that the plasma is a volumetric light source. The contribution discusses the applicability of particular OES methods for typical plasma sources and gives a methodological background that is important for plasma diagnostics. The analysis of the plasma domains from which the emitted light enters to the spectral device, taking into account the form of instrumental function, is presented. Correct opti-

cal arrangement for measurements with sufficient spatial resolution on a volumetric plasma source is suggested. Experimental results of the emission measurements using different detectors - iCCD, SMOS cameras and photomultiplier - are discussed focussing on advantages and disadvantages of each device. It is shown that the mistakes in optical arrangement can lead to critical mistakes and wrong interpretation of the results.

P 8.4 Tue 11:30 SPA HS201

Plasma Diagnostics Using K-Line Emission Profiles of Silicon — ●YILING CHEN, ANDREA SENGEBUSCH, HEIDI REINHOLZ, and GERD RÖPKE — Universität Rostock, Rostock, Deutschland

Modifications of K-line profiles due to a warm dense plasma environment can serve for plasma diagnostics. We focus on Si K_{α} emissions. A high enough temperature is necessary to produce the plasma and ionize the greater part of atoms. The plasma consists of ions, atoms and free electrons with densities in the order of 10^{23} cm^{-3} . Thus, x-ray energies are necessary to penetrate the Si sample. In our work we focus on pure Si using LS coupling. For the isolated ions, the wave functions as well as ionization energies, binding energies and relevant emission energies are calculated using the chemical ab initio code Gaussian03. Plasma effects are considered using a perturbative approach to the Hamiltonian. Using RHF wave functions we calculate the screening effect within an ion-sphere model [1] which leads to a plasma screening shift. These energy shifts of the spectral lines are considered with respect to electron-ion and electron-electron interaction. The different excitation and ionization probabilities of the electronic L-shell and M-shell lead to a non-equilibrium charge state distribution [2]. Using this distribution we calculate spectral line profiles depending on the plasma parameters which can be used to evaluate experimental data [3].

[1] Yu. B. Malykhanov, S. V. Evseev, *et al.*, J. Appl. Spectrosc., **79**, 1 (2012). [2] J. Rzakiewicz, O. Rosmej, *et al.*, High Energy Density Phys. (HEDP) **3**, 233-236 (2007). [3] J. Rzakiewicz, A. Gojska, *et al.*, Phys. Rev. A **82**, 012703 (2010).

P 8.5 Tue 11:45 SPA HS201

Rekonstruktion der Elektronendichte mit Hilfe von Emissionsspektroskopie am Neutralstrahl — ●ALEXANDER LEBSCHY, RALPH DUX, RAINER FISCHER, RACHAEL M. McDERMOTT und DAS ASDEX UPGRADE TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Boltzmannstr. 2, 85748 Garching

Die Abschwächung des hochenergetischen Neutralteilchenstrahls, der zur Heizung des Plasmas verwendet wird, geschieht durch Ladungsaustauschprozesse und Ionisationsstöße mit Teilchen im Plasma. Die Stärke der Abschwächung wächst mit steigender Plasmadichte. Die Messung der Balmer Strahlung an verschiedenen radialen Positionen, ermöglicht die Abschwächung zu detektieren und damit Informationen über das Profil der Elektronendichte zu erhalten.

Typischerweise, werden die Messungen verschiedener Diagnostiken - Interferometrie und Lithiumstrahl am Tokamak ASDEX Upgrade - im Rahmen der integrierten Datenanalyse kombiniert, um die Elektronendichte im gesamten Plasma zu rekonstruieren. Fehlende Information im Plasmazentrum führt zu einer großen Unsicherheit über das Profil der Elektronendichte. Die Emissionsspektroskopie am Neutralstrahl liefert durch geschickte Anordnung der Sichtlinien Informationen über die Elektronendichte im Plasmazentrum und verringert die Unsicherheiten im Plasmazentrum.

Dieser Vortrag stellt die physikalischen Grundlagen der Emissionsspektroskopie vor, zeigt die Anforderungen an die Genauigkeit der Messung auf und vergleicht Ergebnisse der Rekonstruktion der Elektronendichte.

P 9: Theory of Quantum Plasmas II

Time: Tuesday 10:30–12:00

Location: SPA HS202

Invited Talk

P 9.1 Tue 10:30 SPA HS202

FEL excited dense plasmas — ●BEATA ZIAJA-MOTYKA — Center for Free-Electron Laser Science, DESY, Hamburg

In my talk I will give an overview on the recent results of our theoretical investigation how the unique properties of X-ray free-electron laser (FEL) radiation can be employed to create and investigate dense plasmas. I will discuss two topics that are related to various irradiation regimes that can be achieved, depending on the FEL pulse fluence and its wavelength: (i) modeling of nanoplasmas created from finite systems, and (ii) atomic processes within laser-created plasmas and warm-dense-matter.

P 9.2 Tue 11:00 SPA HS202

Large-Scale Simulations of Laser-Cluster Interactions — ●VIKRANT SAXENA, ZOLTAN JUREK, SANG-KIL SON, BEATA ZIAJA, and ROBIN SANTRA — Centre for Free Electron Laser Science, Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY, Notkestrasse 85, D-22607 Hamburg, Germany

Imaging of complex molecules and clusters, using soft and hard X-ray free electron laser (FEL) radiation is an area of frontline research. Computer simulations of irradiated objects have proven to be very helpful in understanding imaging experiments. In the present numerical approach, the nanoparticle dynamics is modeled using molecular dynamics code, XMDYN [Z. Jurek et al.] with inputs from the atomic physics code, XATOM [S.-K. Son et al.]. This approach has been very successful in simulating the interaction of femtosecond X-ray pulses with small clusters and molecules, containing $\lesssim 10^5$ atoms. Simulating large particles of $\gtrsim 10^6$ atoms, with a high degree of ionization, still remains a challenge, due to the $O(N^2)$ scaling of the computation time, N being the total number of atoms within the particle. In order to achieve a better scaling of computational efficiency with the particle size, we have recently implemented an improved BH-tree algorithm, into the XMDYN code, which brings the scaling down to $O(N \log N)$. The capability of the upgraded code, along with XATOM toolkit, to simulate the real time dynamics of large clusters triggered by ultrashort XFEL pulses, is demonstrated.

P 9.3 Tue 11:15 SPA HS202

Stochasticity effects in quantum radiation reaction — ●NORMAN NEITZ and ANTONINO DI PIAZZA — Max-Planck-Institut für Kernphysik, Saupfercheckweg 1, D-69117 Heidelberg

In the framework of classical electrodynamics radiation reaction effects were shown to decrease the energy spread of ion beams created by the collision of strong laser pulses with thin plasma foils [1]. However, by employing a kinetic approach [2] in the framework of strong-field QED [3] we demonstrate that quantum radiation reaction has the opposite tendency in the head-on collision of an electron beam with an intense

laser pulse. We explain the broadening of the electron energy distribution with the intrinsic stochastic nature of photon emission which is substantial in the quantum regime [4]. Further, we study how the dynamics of the photons and charged particles is altered by the inclusion of the pair production process. Our numerical results indicate the feasibility of measuring the investigated effects with present technology.

[1] M. Tamburini et al., *New J. Phys.* **12**, 123005 (2010).

[2] V. N. Baier, V. M. Katkov and V. M. Strakhovenko, "Electromagnetic processes at high energies in oriented single crystals" (World Scientific, Singapore, 1998).

[3] A. Di Piazza et al., *Rev. Mod. Phys.* **84**, 1177 (2012).[4] N. Neitz and A. Di Piazza, *Phys. Rev. Lett.* **111**, 054802 (2013).

P 9.4 Tue 11:30 SPA HS202

Implementation of QED effects in the PIC framework PSC — CONSTANTIN KLIER, HARTMUT RUHL, BEN KING, and ●FABIAN DEUTSCHMANN — Ludwig-Maximilians Universität München, 80539, Germany

The current and next generation (ELI) of laser facilities aim to generate peak intensities in the order of 10^{25}W/cm^2 and higher, entering a regime where the quantum effects of radiation and pair production can no longer be neglected. It is therefore necessary to incorporate these effects into simulations of the laser-plasma and seeded laser-vacuum interaction under such conditions.

Our group has created a numerical module for the Particle-In-Cell (PIC) framework PSC which is capable of modelling the dynamics of radiation friction, Compton scattering, and e^+e^- pair production. In the talk the theoretical foundations and present capabilities of our code will be presented and the numerical challenges will be discussed. In particular, an outline of our solution for an efficient, adaptive Monte-Carlo event-generator for the differential cross-sections needed in the code will be given.

P 9.5 Tue 11:45 SPA HS202

Electroweak Processes in Laser-Boosted Lepton Collisions — ●SARAH J. MÜLLER¹, CHRISTOPH H. KEITEL¹, and CARSTEN MÜLLER^{1,2} — ¹Max-Planck-Institut für Kernphysik, Saupfercheckweg 1, 69117 Heidelberg — ²Institut für Theoretische Physik I, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Universitätsstr. 1, 40225 Düsseldorf

Electroweak processes in high-energy lepton collisions are considered in a situation where the incident center-of-mass energy lies below the reaction threshold, but is boosted to the required level by subsequent laser acceleration. Within the framework of laser-dressed quantum field theory, we study the laser-boosted process $\ell^+\ell^- \rightarrow HZ^0$ in detail and specify the technical demands needed for its experimental realization. Further, we outline possible qualitative differences to field-free processes regarding the detection of the produced Higgs bosons.

P 10: Dusty Plasmas II

Time: Tuesday 14:00–15:55

Location: SPA HS201

Invited Talk

P 10.1 Tue 14:00 SPA HS201

Multiscale simulation of dust clusters in a strongly magnetized flowing plasma — ●PATRICK LUDWIG¹, HANNO KÄHLERT¹, JAN-PHILIP JOOST¹, CHRISTOPHER ARRAN², and MICHAEL BONITZ¹ — ¹ITAP, Universität Kiel — ²Emmanuel College, Cambridge, UK

A key problem in the description of non-ideal, multi-component plasmas is the drastic difference in the characteristic length and time scales of the different particle species. This challenging multiscale problem inherent to studying streaming complex plasmas can efficiently be tackled by a statistical, linear-response ansatz for the light plasma constituents in combination with first-principle Langevin dynamics simulations of the heavy and strongly correlated dust component [1]. Of crucial importance in this scheme is the quality of the dynamically screened Coulomb potential [2]. Using the dielectric function for a partially ionized flowing magnetized plasma results are presented for the wakefield around a single dust grain and for multiscale simulations of a correlated ensemble of grains revealing fundamental structural changes when wake effects and an external magnetic field come into

play.

This work is supported by the DFG via SFB-TR24, projects A7 and A9 and by the DAAD RISE program.

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

Topical Talk

P 10.2 Tue 14:30 SPA HS201

Wellen in Staubigen Plasmen - Kinetische Eigenschaften der Einzelteilchenbewegung — ●MICHAEL HIMPEL¹, CARSTEN KILLER¹, TIM BOCKWOLDT², ALEXANDER PIEL² und ANDRÉ MELZER¹ — ¹Institut für Physik, Universität Greifswald — ²Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Universität Kiel

Mit drei Hochgeschwindigkeitskameras wurde die Bewegung von Einzelteilchen dreidimensional erfasst. Durch die vollständige Phasenrau-

minformation sind nun verschiedene Aspekte der Teilchendynamik zugänglich. In diesem Beitrag sollen im Wesentlichen zwei spezielle Aspekte der Dynamik präsentiert werden: Zum Einen wird die Rolle der oszillierenden Teilchen als Beitrag zur Welle und deren kollektive Wechselwirkung in einem einfachen Modell, gestützt durch Geschwindigkeitsverteilungen, erklärt. Außerdem wird der Energietransport von der Wellen-Ausbreitungsrichtung zu den transversalen Bewegungsebenen dargestellt.

Die Messungen der Staubbichtwellen wurden unter Schwerelosigkeit auf Parabelflügen durchgeführt, um eine möglichst symmetrische dreidimensionale Staubwolke zu erzeugen. Das Projekt wurde gefördert durch das DLR (50WM1138).

P 10.3 Tue 14:55 SPA HS201

Rekristallisationsexperimente an finiten 3D Staubwolken — ●ANDRÉ SCHELLA, MATTHIAS MULSOW und ANDRÉ MELZER — Institut für Physik, EMAU Greifswald, 17489 Greifswald

In der Natur treten Kristallisationsprozesse in vielfältiger Weise auf. Einen Zugang zur Untersuchung der Dynamik von Kristallisationsprozessen bieten Staubbige Plasmen. Dies sind Gasentladungen, die zusätzliche mikrometergroße Partikel enthalten. Diese laden sich in der Plasmaumgebung stark negativ auf. Ihre Dynamik allerdings findet auf Zeitskalen statt, die eine direkte kinetische Beobachtung des Systems, z. B. mit Videokameras, auf individueller Teilchenebene ermöglichen.

In meinem Beitrag werde ich Experimente zur Dynamik der Rekristallisation eines kleinen 3D Ensembles aus Staubpartikeln präsentieren. Diese sog. Yukawa-Bälle lassen sich effektiv mit Hilfe von Lasern heizen. Hierbei werde ich die zeitliche Entwicklung des Coulomb-Kopplungsparameters von der flüssigen in die feste Phase vorstellen. So lässt sich eine Zeitkonstante aus der Anfangsphase der Rekristallisation ermitteln, die sowohl mit anderen Experimenten [1] als auch Simulationen [2] zu Kristallisationsprozessen verglichen werden kann. Darüber hinaus werde ich die zeitliche Entwicklung der Paarkorrelationsfunktion für die Experimente zur Rekristallisation beleuchten. Diese Arbeit wird gefördert durch den SFB TR 24, Teilprojekt A3 und der International Helmholtz Graduate School for Plasma Physics (HEPP).

[1] C. Knappek et al., PRL 98, 015004 (2007) [2] H. Kählert und M. Bonitz, PRL 104, 015001 (2010)

P 10.4 Tue 15:10 SPA HS201

Expansion von Yukawa Balls — ●ALEXANDER PIEL — Christian-Albrechts-Universität Kiel

Die Explosion von Coulomb-Clustern aufgrund der elektrostatischen Abstoßung der Einzelteilchen ist ein bekanntes Phänomen, bei dem Ionen hoher Energie erzeugt werden können. Solche Explosionen sind auch für Cluster von hochgeladenen Staubeilchen in staubigen Plasmen beobachtet worden. Jedoch ist hier die Wechselwirkung durch abgeschirmte Potentiale vom Debye-Yukawa Typ bestimmt. In diesem Beitrag wird die Expansion von sphärischen Clustern (Yukawa

Balls) mittels MD-Simulation für stoßfreie und stoßbehaftete Situationen studiert [1]. Während im Fall reiner Coulomb Wechselwirkung die Expansion ein selbstähnlicher Prozess ist, bewirkt die Abschirmung, dass die Yukawa Expansion ganz anders - nämlich Schicht für Schicht - abläuft. Dies kann als eine mit Schallgeschwindigkeit einlaufende Verdünnungswelle verstanden werden. Der Einfluss von Stößen bewirkt, dass die Expansion in einen nichtlinearen Diffusionsprozess einmündet, der durch die porous-medium equation beschrieben wird. [1] A. Piel, J. Goree, Phys. Rev. E 88, 063103 (2013)

P 10.5 Tue 15:25 SPA HS201

Einfluss eines nicht-idealen Fallenpotentials auf die Dynamik rotierender Staub-Cluster — ●JAN SCHABLINSKI, DIETMAR BLOCK, FRANKO GREINER und ALEXANDER PIEL — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität Kiel, Leibnizstraße 19, 24098 Kiel

Plasmakristalle stellen ein hervorragendes Modellsystem zur Untersuchung stark gekoppelter Systeme dar. In einem harmonischen Fallenpotential bildet sich bei Clustern mit geringer Teilchenanzahl eine ausgeprägte Schalenstruktur aus. Dabei werden Struktur und Stabilität wesentlich durch die Anzahl der Partikel bestimmt. Dieser Beitrag stellt Ergebnisse von Experimenten und unterstützenden Simulationen vor, die den Einfluss einer geringen Anisotropie des Einschlusspotentials auf die Dynamik rotierender Staub-Cluster zeigen. Insbesondere die Symmetrie unterschiedlicher Konfigurationen ist dabei für das dynamische Verhalten der Partikelsysteme entscheidend.

P 10.6 Tue 15:40 SPA HS201

Untersuchung und Nutzung von Nanopartikeln bei Schichtabscheidungsprozessen — ●TORBEN SCHLEBROWSKI, HENDRIK BAHRE, MARC BÖKE und JÖRG WINTER — Ruhruniversität Bochum, Lehrstuhl für Experimentalphysik II

Im Rahmen von Schichtabscheidungen mit reaktiven Plasmen, wie zum Beispiel bei der Barrierebeschichtung von Kunststofffolien, kann es zur Bildung von Nanopartikeln kommen. Diese können sowohl die Plasma-parameter beeinflussen als auch in die abgeschiedenen Schichten eingebaut werden, um deren Eigenschaften (z.B. innerer Stress) gezielt zu modifizieren. Ziel unserer Untersuchungen ist der Einbau dieser Partikel in Barrierschichten und ein Vergleich dieser mit Schichten ohne Partikel. Die Untersuchungen wurden mit einem mobilen 3D Scanning System durchgeführt, welches für ein schnelles Abscannen großvolumiger Entladungen bei hoher Sensitivität (Partikel ab ≤ 20 nm Größe) entwickelt wurde. Die eingesetzte Prozesskammer wurde hinsichtlich der Partikelbildung qualifiziert (Existenzbereiche) und Wachstumsraten der Partikel bestimmt. Zudem wurden erste Untersuchungen an Silizium- und PET-Substraten durchgeführt, um den in den abgeschiedenen Schichten vorhandenen, starken Stress zu reduzieren. Dieses Projekt wird im Rahmen des SFB-TR87 von der DFG gefördert.

P 11: Magnetic Confinement II

Time: Tuesday 14:00–16:35

Location: SPA HS202

Invited Talk

P 11.1 Tue 14:00 SPA HS202

Simulation and optimisation of turbulence in stellarators — ●PAVLOS XANTHOPOULOS¹, PER HELANDER¹, HARRY MYNICK², YURIY TURKIN¹, FRANK JENKO³, TOBIAS GOERLER³, DANIEL TOLD³, GABRIEL G. PLUNK¹, THOMAS BIRD¹, and JOSEFINE H.E. PROLL¹ — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, Wendelsteinstr. 1, 17491 Greifswald, Germany — ²Plasma Physics Laboratory, Princeton University, Princeton, New Jersey 08543, USA — ³Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, Boltzmannstr. 2, 85748 Garching, Germany

In tokamaks and stellarators - two leading types of devices used in fusion research - magnetic field lines trace out toroidal surfaces on which the plasma density and temperature are constant, but turbulent fluctuations carry energy across these surfaces to the wall, thus degrading the plasma confinement. Using petaflop-scale simulations, we calculate for the first time the pattern of turbulent structures forming on stellarator magnetic surfaces, and find striking differences relative to tokamaks. The observed sensitivity of the turbulence to the magnetic geometry suggests that there is room for further confinement improvement, in addition to measures already taken to minimise the laminar trans-

port. With an eye towards fully optimised stellarators, we present a proof-of-principle configuration with substantially reduced turbulence compared to an existing design.

Invited Talk

P 11.2 Tue 14:30 SPA HS202

Der Turbulenz auf der Spur durch Vergleiche von Reflektometriemessungen mit gyrokinetischen Simulationen — ●TIM HAPPEL, ALEJANDRO BAÑÓN NAVARRO, GARRARD D. CONWAY, FRANK JENKO, ULRICH STROTH und DAS ASDEX UPGRADE TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, 85748 Garching, Deutschland

Toroidal eingeschlossene Plasmen werden seit mehr als 50 Jahren zur Erforschung eines möglichen Konzepts zur Energiegewinnung, der thermonuklearen Fusion, verwendet. Dabei werden der Maximierung der eingeschlossenen Energie Grenzen durch verschiedene Arten von Turbulenz gesetzt. Ein grundlegendes Verständnis der beteiligten Prozesse ist deshalb zentrales Thema der Fusionsforschung.

Zur Intensivierung der Erforschung der Turbulenz wurde ein aus internationalen Partnern bestehendes "Virtuelles Institut" gegründet. Dieses untersucht mit einem breiten Spektrum von Reflektometern Plasmaprofile, -geschwindigkeiten und Turbulenzintensitäten am ASDEX Upgrade Tokamak. Weitere Bestandteile sind die Entwicklung

neuartiger Antennen, die Interpretation der Daten durch Simulation der Mikrowellenpropagation und Vergleiche mit Turbulenzcodes.

Ein Überblick der zum Einsatz kommenden Methoden, Experimente und ersten Resultate wird gegeben. Insbesondere wird die Anwendung der Doppler-Reflektometrie zur Untersuchung der Reaktion skalenaufgelöster Turbulenz bei zusätzlicher Elektronenheizung an verschiedenen radialen Positionen im Plasma vorgestellt. Die experimentellen Beobachtungen werden schließlich mit Ergebnissen von nichtlinearen gyrokinetischen Simulationen mit GENE verglichen.

Topical Talk

P 11.3 Tue 15:00 SPA HS202

The snowflake divertor, physics of a new concept for power exhaust of fusion plasmas — •TILMANN LUNT¹, GUSTAVO CANAL², YÜHE FENG¹, and HOLGER REIMERDES² — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Garching/Greifswald, Germany — ²Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Lausanne, Switzerland

Fusion reactors based on the tokamak design will have to deal with very high heat loads on the divertor plates. One of the approaches to solve this heat load problem is the so called 'snowflake divertor', a magnetic configuration with two nearby x-points and two additional divertor legs. In this contribution we report on 'EMC3-Eirene' simulations of the plasma- and neutral particle transport in the scrape-off layer of the swiss tokamak TCV of a series of snowflake equilibria with different values of σ , the distance between the x-points normalized to the minor radius of the plasma. The constant anomalous transport coefficients were chosen such that the power- and particle deposition profiles at the primary inner strike point match the Langmuir probe measurements for the $\sigma = 0.1$ case. At one of the secondary strike points, however, a significantly larger power flux than that predicted by the simulation was measured by the probes, indicating the presence of an enhanced transport across the primary separatrix. We will discuss the possible reason for this enhanced transport as well as its scaling with machine size. Another prediction from the simulation is that the density as well as the radiation maximum are moving from the recycling region in front of the plates upwards to the x-point.

Topical Talk

P 11.4 Tue 15:25 SPA HS202

Erzeugung relativistischer Elektronen über nichtresonante RF-Heizverfahren — •TORSTEN STANGE, HEINRICH PETER LAQUA, MARION DOSTAL und MATTHIAS OTTE — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, 17491 Greifswald, EURATOM Association

Am Stellarator WEGA konnte ein neuartiges Heizszenario aufgeklärt werden, das auf der stochastischen Beschleunigung von Elektronen in einem elektrischen Wechselfeld beruht. Im Fall der verwendeten 2.45 GHz-Hohlleiterantenne an WEGA konnte eine hochrelativistische Elektronenkomponente mit Energien bis zu MeV nachgewiesen werden. Für eine effiziente Heizung von Fusionsplasmen sind so hohe Energien jedoch unerwünscht. Zur Unterbindung dieses Effekts wurde unter anderem der gleichzeitige Einsatz zweier Antennen untersucht, dessen 2.45 GHz-Wechselfeld in einer definierten Phasenbeziehung zueinander steht. Das vorrangige Ziel ist den für eine weitere Beschleunigung relevanten Energiebereich zu selektieren und nur schwach relativistische Elektronen zu erzeugen. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Anhebung des Neutralgasdrucks. Der damit verbundene Anstieg der Bulk-Elektronendichte führt zu einem erhöhten Energietransfer von der überthermischen Elektronenkomponente hin zum Bulk-Plasma. Ein weiteres Heizverfahren konnte bei Elektronendichten weit über der cutoff-Dichte der Heizfrequenz identifiziert werden, das nur durch eine Anregung von Whistler-Wellen erklärt werden kann.

P 11.5 Tue 15:50 SPA HS202

Dynamic behaviour of magnetic flux tubes in the FlareLab experiment — •FELIX MACKEL, SASCHA RIDDER, JAN TENFELDE, and HENNING SOLTWISCH — Ruhr-Universität Bochum

Rapidly evolving magnetic flux tubes are generated by a pulsed power plasma experiment. An external magnetic guide field is provided by a strong line current that initially leads to an almost perfect half torus

of current-carrying plasma connecting both electrodes. Unbalanced magnetic pressure causes the expansion of the major radius. Measurements with invasive Rogowski coils reveal a saturation of the current that is flowing through the apex of the luminous arch structure soon after ignition. While the appearance of the plasma on ICCD images is rather collimated, the continuously rising discharge current diverges drastically above the footprints. Eventually, the arch loses the visual connection to the electrodes, while the total discharge current still continues to rise. Magnetic pickup coils surrounding the electrodes show that the current paths bulge outward quickly as a consequence of configuration-space instabilities which may be triggered by the preceding widening of the current channel. At the same time, radiation in the extreme ultraviolet spectrum is detected by a photodiode covered with a thin metal foil acting as a bandpass filter. A physical model is proposed to account for the generation of fast particles that possibly provoke the emission of EUV light.

P 11.6 Tue 16:05 SPA HS202

Towards an automated approach to magnetic divertor configuration design — •MAARTEN BLOMMAERT¹, WOUTER DEKEYSER², MARTINE BAELMANS², NICOLAS RALPH GAUGER³, and DETLEV REITER¹ — ¹Institute for Plasmaphysics (IEK-4), FZ Jülich GmbH, D-52425 Jülich, Germany — ²KU Leuven, Department of Mechanical Engineering, 3001 Leuven, Belgium — ³Center for Computational Engineering Science, RWTH Aachen, D-52062 Aachen, Germany

At present, several plasma boundary codes exist that attempt to describe the complex interactions in the divertor SOL (Scrape-Off Layer). The predictive capability of these edge codes is still very limited. Yet, in parallel to major efforts to mature edge codes, we face the design challenges for next step fusion devices. One of them is the design of the helium and heat exhaust system. Therefore, already now, modern concepts of computational engineering (automated design) are being investigated regarding their conceptual suitability for the edge/divertor design problem. The application of these methods to magnetic field design is studied, using a somewhat reduced plasma-gas continuum flow model and a perturbation approach for the magnetic equilibrium. The aim is to provide enhanced spreading of heat fluxes over the target plates. The methods are applied to a specific example based on a JET magnetic equilibrium and model parameters. For the current model, inner and outer target peak heat loads could be reduced by 48% and 38% respectively. This reduction is mainly achieved by an increased divergence of the magnetic field lines towards the target area.

P 11.7 Tue 16:20 SPA HS202

Stellarator-specific developments for the systems code PROCESS — •FELIX WARMER¹, PETER KNIGHT², CRAIG BEIDLER¹, ANDREAS DINKLAGE¹, YÜHE FENG¹, JOACHIM GEIGER¹, FELIX SCHAUER¹, YURIY TURKIN¹, DAVID WARD², ROBERT WOLF¹ und PAVLOS XANTHOPOULOS¹ — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Wendelsteinstraße 1, D-17491 Greifswald, Germany — ²Culham Centre for Fusion Energy, Abingdon, Oxfordshire, OX14 3DB, United Kingdom

The ultimate goal of fusion research is to demonstrate the feasibility of economic production of electricity. The most promising concepts to achieve this by magnetic confinement are the Tokamak and the Stellarator. System codes are used to study the general properties of a fusion power plant. Built in a modular way systems codes describe the physical and technical properties of the power plant components. For the Helical Advanced Stellarator (HELIAS) concept modules have been developed in the frame of the existing Tokamak systems code PROCESS.

These include: A geometry model based on Fourier coefficients which represent the complex 3-D plasma shape, a divertor model which assumes diffusive cross-field transport and high radiation at the X-point, a coil model which uses a scaling based on the HELIAS design and a transport model which either employs empirical confinement time scalings or sophisticated 1-D collisional and turbulent transport calculations. This approach aims at a direct comparison between Tokamak and Stellarator power plant designs.

P 12: Poster Session - Magnetic Confinement

Time: Tuesday 16:30–18:30

Location: SPA Foyer

P 12.1 Tue 16:30 SPA Foyer

Revision of the Spectroscopic Determination of Beam Parameters of the Neutral Beam Injection Systems on ASDEX Upgrade — ●FELICIAN MINK, CHRISTIAN HOPF, and URSEL FANTZ — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, Boltzmannstr. 2, 85748 Garching, Germany

Neutral beam injection is a frequently used powerful heating system on contemporary magnetic confinement fusion experiments such as ASDEX Upgrade. The injected beam is also used for plasma diagnostics based on charge exchange recombination spectroscopy. Increasing precision of these spectroscopic diagnostics as well as modern plasma transport codes require increasingly precise knowledge of the beam's geometry and composition as input.

These parameters are typically obtained through D_α beam emission Doppler spectroscopy.

Traditionally, a single number for the beam's divergence is obtained from these spectra using a simplified two-dimensional model and Gaussian fits. We replace this model with a fully 3-dimensional simulation of the Doppler-broadened spectra. The species distribution, i.e. the contribution of D^+ , D_2^+ and D_3^+ to the primary ion beam, is derived from the ratios of the corresponding peak intensities. We critically review the validity of the usually applied Corona model and investigate experimentally in what parameter range collisional de-excitation has to be taken into account.

P 12.2 Tue 16:30 SPA Foyer

Expansion Morphology of Magnetic Flux Tubes in the FlareLab Experiment — ●JAN TENFELDE¹, FELIX MACKEL¹, SASCHA RIDDER¹, THOMAS TACKE², JÜRGEN DREHER², and HENNING SOLTWISCH¹ — ¹Institut für Experimentalphysik V, Ruhr-Universität Bochum — ²Institut für theoretische Physik I, Ruhr-Universität Bochum

In the frame of the FlareLab project the influence of the experimental boundary conditions on the expansion of arch-shaped plasma-filled magnetic flux tubes is investigated. Observations show that contrary to common assumptions the expansion is not driven exclusively by the magnetic stresses causing the hoop force. Instead, geometric constraints due to fixation of the current path on a comparatively small electrode surface lead to a deviation from this hoop force expansion scheme. Recently it was shown by means of numerical simulations that electrostatic boundary effects can play a significant role in the expansion of its apex when the flux tube geometry deviates from a toroidal shape due to tied foot points [1]. Here, we present experimental data confirming the deviation from torus expansion and substantiate the results obtained from simulations. The impact of the initial neutral gas distribution on the morphology of the flux tube expansion is investigated in a further modified plasma source. From careful comparison with the results of numerical MHD simulations adapted to this modification, conclusions concerning the impact of the proposed boundary-driven expansion are drawn.

[1] T. Tacke, J. Dreher and R.D. Sydora, PoP, 20, 072104 (2013)

P 12.3 Tue 16:30 SPA Foyer

Coherent mode generation during EBW heating in TJ-K — ●RENNAN BIANCHETTI MORALES, ALF KÖHN, and MIRKO RAMISCH — Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie, Universität Stuttgart

Electron Bernstein waves (EBWs) can be used to heat overdense plasmas when the plasma cut-off frequency is higher than the frequency of the injected microwaves. EBWs are electrostatic waves, which cannot propagate in vacuum and, therefore, need to be generated by mode conversion processes. The generation of EBWs is possible when the microwave heating power is high enough to increase the plasma density beyond the cut-off density. At this stage, the EBW mode conversion takes place and heating at the electron cyclotron resonance frequency (ECRF) and its harmonics is achieved. This heating scheme is successfully used in the stellarator TJ-K to heat overdense plasmas in low magnetic fields at ECRF harmonics.

Recent discharges using this heating scenario showed a quasi-coherent mode in density and potential fluctuations. This mode at approximately 4 kHz is dominant in the power spectrum and is evident from the center to the edge of the plasma, peaking at the separatrix

region. In the presence of the coherent mode, the broadband turbulent fluctuations appear to be suppressed. This feature is more pronounced during discharges with the lower neutral gas pressures. In this contribution, the generation of this mode and its impact on the ambient turbulence is studied by means of Langmuir probe measurements.

P 12.4 Tue 16:30 SPA Foyer

Blower Gun pellet injection system for W7-X — ●MATHIAS DIBON¹, JÜRGEN BALDZUHN¹, MICHAEL BECK¹, ANTONIO CARDELLA², FLORIAN KÖCHL³, GABOR KOCSIS⁴, PETER LANG¹, RAFAEL MACIÁN-JUAN², BERNHARD PLÖCKL¹, TAMAS SZEPESI⁴, and WOLFGANG WEISBART¹ — ¹MPI für Plasmaphysik, EURATOM Association, Boltzmannstr. 2, 85748 Garching, Germany — ²Lehrstuhl für Nukleartechnik, TU Munich, Boltzmannstr. 15, 85748 Garching, Germany — ³Association EURATOM-ÖAW/ATI, Atominstytut, TU Wien, 1020 Vienna, Austria — ⁴Wigner RCP, RMI, EURATOM Association, P.O.Box 49, H-1525 Budapest-114, Hungary

Foreseen to serve for the new stellarator W7-X for pellet investigations, the former ASDEX Upgrade Blower Gun was revised and revitalized in a test bed. The gun is able now to launch cylindrical pellets of 2 mm diameter and 2 mm length, produced from frozen Deuterium (D_2) or Hydrogen (H_2). Pellets are accelerated by a short pulse of pressurized helium propellant gas to velocities in the range of 100-250 m/s. Delivery reliabilities at the launcher exit close to unity are achieved. For pellet transfer to the plasma vessel a first mock up guiding tube version was investigated. Transfer through this S-shaped (inner diameter 8 mm; length 6 m) stainless steel guiding tube containing two 1 m curvature radii was investigated for both H_2 and D_2 pellets. Tests were performed applying repetition rates from 2 Hz to 50 Hz and propellant gas pressures ranging from 1 bar to 6 bar. For both H_2 and D_2 , low overall delivery efficiencies were observed at slow repetition rates, but stable efficiencies of about 90% above 10 Hz.

P 12.5 Tue 16:30 SPA Foyer

Curvature dependance of blob dynamics in TJ-K — ●STEPHEN GARLAND¹, GOLO FUCHERT², and MIRKO RAMISCH¹ — ¹Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie, Universität Stuttgart — ²Institut Jean Lamour, Université de Lorraine

Turbulent transport in the scrape-off layer (SOL) is an important area of investigation in magnetic confinement fusion research. Relatively dense and hot, field-aligned, filament-like structures (blobs) have been observed to propagate radially through the SOL in many fusion devices, and contribute significantly to SOL transport. The torsatron TJ-K operates with a low-temperature plasma, allowing Langmuir probe measurements in the entire plasma volume. Despite the low temperature, investigations are relevant to fusion research due to dimensionless plasma parameters similar to those in the edge region of fusion plasmas.

Analytical blob models link blob velocity in the SOL to blob polarisation, which can be driven by magnetic field line curvature. In TJ-K, average blob dynamics can be studied in detail using a 2D movable probe and a conditional averaging technique. In addition, a fast camera can be used to supplement probe data, and provide information on individual blob trajectories. With these tools, the connection between magnetic field line curvature and the poloidal component of blob velocity has been studied. Taking into account background $E \times B$ flows, initial investigations suggest a correlation between the poloidal component of blob velocity and averaged geodesic magnetic field line curvature.

P 12.6 Tue 16:30 SPA Foyer

Permutation entropy analysis of density fluctuations in the torsatron TJ-K — ●DONG WANG and MIRKO RAMISCH — Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie, Universität Stuttgart

In order to explore the nature of density fluctuations in the edge of magnetically confined fusion plasmas, the technique of permutation entropy and statistical complexity is used. The location of fluctuations on the entropy versus complexity plane classifies the dynamical behaviour of the system. The behaviour can be differentiated between stochastic and chaotic. The latter is supposed to be connected to a specific temporal form of intermittent density events, i.e. blobs, in the

scrape-off layer (SOL).

In this contribution, density fluctuations measured with a Langmuir probe in the torsatron TJ-K are analyzed with respect to the dynamical nature. Radial scans are performed across the separatrix to distinguish the dynamics in the inner edge and the SOL. Comparisons with well known test systems indeed point to a qualitative change in the dynamics across the separatrix. In the region of maximum density gradient, the fluctuations are characterized by minimum entropy. The results will be discussed on separated scales.

P 12.7 Tue 16:30 SPA Foyer

Investigation of zonal flows with toroidal correlation analysis in TJ-K — ●IVAN EROFEEV, BERNHARD SCHMID, and MIRKO RAMISCH — Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie, Universität Stuttgart

In toroidal fusion plasmas, zonal potential perturbations associated with zonal flows can appear. These potential structures have toroidal and poloidal symmetry. Zonal flows are intrinsically connected to flow shear and interact with drift-wave turbulence through the shearing of eddies. By this mechanism, the zonal flow gains energy and the transport through drift-wave turbulence is reduced. Zonal flows have been found to evolve naturally in the drift-wave dominated turbulence of low-temperature plasmas in the stellarator TJ-K. In order to capture their long-range feature through the symmetry properties, Langmuir-probe measurements are performed at two well separated toroidal positions. Long-range correlations are studied with respect to their spatio-temporal properties. In a first step, the radial structure is analyzed by means of a rake-like probe with radially separated pins. Thereby, the influence of zonal flows on radial correlation lengths of the ambient turbulence is shown. Furthermore, a stationary poloidal probe array is used in combination with a 2D-movable probe system in order to uncover the turbulent dynamics in the full poloidal cross-section, conditionally, when zonal flows evolve.

P 12.8 Tue 16:30 SPA Foyer

Untersuchung des Energietransfers in Zonalströmungen am Stellarator TJ-K — ●BERNHARD SCHMID¹, MIRKO RAMISCH¹ und ULRICH STROTH² — ¹Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie, Universität Stuttgart — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Garching

Zonalströmungen erfahren in der Fusionsforschung verstärkt Beachtung, da angenommen wird, dass sie im Zusammenhang mit der H-Mode stehen. Dabei entstehen sie in eine Art Selbstorganisationsprozess aus der umgebenden Plasmaturbulenz. Durch Verschering von Wirbelstrukturen wird Energie in die Zonalströmung transferiert. Die Verschering wird hierzu mit dem Reynolds-Stress quantifiziert. Über die Kopplung in die geodätisch akustische Mode (GAM) erfolgt die Dämpfung. Zur Untersuchung des Energieübertrags wurde ein poloidaler Sondenkranz für den Einsatz in Niedertemperaturplasmen am Stellarator TJ-K entwickelt. Mit 128 Langmuir-Sonden wird dabei Potential oder Dichte gleichzeitig auf vier benachbarten Flussflächen gemessen. Die Sonden sind dabei so positioniert, dass radiale und poloidale Geschwindigkeiten gemessen werden können. Damit lässt sich der für den Antrieb wichtige Reynolds-Stress auf zwei Flussflächen und gleichzeitig das poloidale Modenspektrum bestimmen. Mit Bispektralanalysen wird die Wechselwirkung einzelner Moden gezeigt. Dabei wird der Energietransfer von der Driftwellenturbulenz in die Zonalströmung und von der Zonalströmung in die GAM untersucht.

P 12.9 Tue 16:30 SPA Foyer

On the influence of boundary conditions on the excitation of instabilities in magnetohydrodynamic systems — ●CLAUDIA-VERONIKA MEISTER, BO RAM LEE, and DIETER H.H. HOFFMANN — Technische Universität Darmstadt, Institut für Kernphysik, Schlossgartenstr. 9, 64289 - Darmstadt

The recent stage of the magnetohydrodynamic energy principle which may be applied to laboratory and space plasmas, is briefly reviewed. Some steps are made to develop the principle further to apply it also to inhomogeneous, incompressible systems. Especially it is tried to introduce inhomogeneous magnetic fields in the inner parts of pinch plasmas. In doing so, a system of mathematical equations is derived, the solution of which gives the dispersion relation in plasmas with disturbances in non-cylindrical symmetry. But the numerical applications presented here are only performed for plasma disturbances with cylindrical symmetry and homogeneous axial magnetic fields. Using the model of a pinch plasma separated from the outer conducting wall by a vacuum, sausage instabilities are described in ITER-type and

lightning plasmas. The ratios of the values of the inner and external magnetic fields are found at which sausage instabilities will occur at very small wave numbers. In case of the lightning plasma, it was even possible to estimate the radial displacements in the plasma.

P 12.10 Tue 16:30 SPA Foyer

Estimation of statistical moments for single point measurements in the Scrape Off Layer — ●RALPH KUBE and ODD ERIK GARCIA — University of Tromsø, Department of Physics and Technology, Tromsø, Norway

Recent theoretical work argues that time series of the plasma particle density in the scrape-off layer (SOL) may be modelled as a shot noise process. It was shown that the superposition of individual bursts with an exponentially decaying wave form, exponentially distributed waiting times between bursts and burst amplitudes cause the particle density to be gamma distributed, in good agreement to single point measurements in the SOL.

In this contribution we derive expressions for the mean error on estimators for the mean, variance, skewness, and kurtosis for this class of shot noise processes. The number of samples of the time series, N , and the intermittency parameter γ that gives the ratio of the e-folding time of individual burst events to the waiting time between bursts, are free parameters.

We find that the rate of convergence of the estimator for the mean and normalized variance increase with γ and that the e-folding time of the individual burst events further cause a deviation from the N^{-1} rate of convergence that holds for normally distributed random variables.

Comparing the expressions for the mean-squared error to synthetic time series shows good agreement. We also present a comparison to long ($t \simeq 0.3s$) single point measurements obtained by a Langmuir Probe and Gas-Puff imaging in the scrape-off layer of Alcator C-Mod.

P 12.11 Tue 16:30 SPA Foyer

Einschluss von MeV-Elektronen im Stellarator WEGA — ●MARION DOSTAL², HEINRICH PETER LAQUA¹ und TORSTEN STANGE¹ — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, 17491 Greifswald, EURATOM Association — ²Institut für Physik, Universität Rostock, 18055 Rostock

Ein zentrales Problem von Stellaratoren als auch Tokamaks ist der Einschluss schneller Teilchen. Am klassischen Stellarator WEGA wurde gezeigt, dass Elektronen über einen stochastischen Heizprozess mittels 2,45 GHz-Mikrowellen auf Energien bis zu MeV beschleunigt werden können. Die Detektion dieser überthermischen Elektronenkomponente erfolgt über Synchrotron- und Bremsstrahlung sowie den generierten Plasmastrom. Durch Berechnung der Teilchenbahnen wurde der Einfluss der Magnetfeldkonfiguration auf den Einschluss der schnellen Elektronen untersucht. Bei überwiegend parallelem Impuls ist unter bestimmten Randbedingungen ein guter Einschluss gewährleistet. In diesem Fall schrumpfen die resultierenden Driftflächen gegenüber den Vakuumflußflächen mit zunehmender Teilchenenergie. Dieser Effekt ist weiterhin abhängig von der verwendeten Magnetfeldkonfiguration, die über separate Veränderung des Toroidal- und Helikalfeldes und optional eines Vertikalfeldes beliebig variiert werden kann. Von besonderem Interesse waren dabei der Einfluss von Rotationstransformation und magnetischen Inseln.

P 12.12 Tue 16:30 SPA Foyer

Systems code studies for assessment and selection of operational points for a tokamak DEMO reactor — ●MITJA BECKERS, WOLFGANG BIEL, and ULRICH SAMM — Institut für Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, EURATOM Association, D-52425 Jülich, Germany

A big step towards commercial fusion will be the commissioning of the first DEMO power plant. For tokamaks a steady state can only be achieved in advanced scenarios with a high bootstrap fraction and non-inductive current drive. For designing a reactor the parameter space is limited by physics constraints, which can hardly be computed altogether on a sophisticated level. Thus empirical findings are extrapolated to larger machines by scaling laws in order to cast complex physics into computable macroscopic dependencies. Systems codes are used to predict stable operational points for given reactor scenarios and to perform parameter scans for optimized selection. Scenario specifications like divertor detachment and their effects on material lifetime and plasma stability need to be more properly represented in systems codes in order to define new criteria for the fine-selection of stable operational points, which can then be further investigated by highly sophisticated, but time-consuming codes. Therefore the scalings

and equations in the code were cross-checked with latest experimental findings and a new module for lifetime estimations for the first Wall is

being developed.

P 13: Poster Session - Diagnostics

Time: Tuesday 16:30–18:30

Location: SPA Foyer

P 13.1 Tue 16:30 SPA Foyer

Emittanzmessung zur Charakterisierung von Radiofrequenz-Ionentriebwerken — ●KRISTOF HOLSTE¹, MARIA SMIRNOVA², STEFAN SCHIPPERS¹ und ALFRED MÜLLER¹ — ¹Institut für Atom- und Molekülphysik, Justus-Liebig-Universität Gießen — ²I. Physikalisches Institut, Justus-Liebig-Universität Gießen

Zur Untersuchung des aus einem Radiofrequenz-Ionentriebwerk (RIT) extrahierten Ionenstrahls wurde eine Emittanz-Messanlage aufgebaut. Das Messprinzip beruht auf der Schlitz-Draht Methode. Dabei wird der primäre Ionenstrahl durch eine Schlitzblende in Teilstrahlen zerlegt. Das räumliche Profil dieser Teilstrahlen wird in einem geeigneten Abstand mit einem Draht aufgenommen, wodurch die Bestimmung der transversalen Emittanz ermöglicht wird. Erste Messungen haben eine Sensitivität der Emittanz auf die operativen Parameter (RF-Leistung, Gasfluss) des Triebwerks gezeigt. Diese operativen Parameter bestimmen wiederum die Eigenschaften des Plasmas wie Ionendichte, Ionen- und Elektronentemperatur. Die Emittanz könnte somit einen Zugang auf Plasmamaparameter ermöglichen. Sie ist ferner eine geeignete Größe, um die Qualität von Simulationen der Plasmaextraktion zu beurteilen.

P 13.2 Tue 16:30 SPA Foyer

Cleaning surface contamination of Langmuir probes with Ultraviolet light — ●CHRISTIAN T. STEIGIES¹ and AROH BARJATYA² — ¹Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Germany — ²Embry-Riddle Aeronautical University, FL, USA

The Langmuir probe is a standard instrument for in-situ measurements of the plasma density and temperature, as well as an indicator of spacecraft charging. It is well known that the probe characteristics are distorted by surface contamination effects leading to erroneous measurements of plasma parameters. This not only affects swept Langmuir probes, where this problem is clearly visible in the data with a properly chosen sweep function, but it also modifies the spectrum of fixed-bias probes, where the contamination is not immediately seen in the data. Several approaches to remove the water layer, which causes the contamination, have been undertaken. These include removing the contamination by ion bombardment and internal heating, as well as sweeping at higher rates to bypass the contamination. One method that is frequently used in vacuum systems, and has never been used on a sounding rocket, is using ultra-violet (UV) light to desorb the water layer from the surface. UV light has sufficient energy to also desorb water layers with stronger bonds, and not just the outermost layer that is easily removed via heating. We present here a concept that uses UV light to clear surface contamination on Langmuir probes in sounding rockets.

P 13.3 Tue 16:30 SPA Foyer

Manipulation von Mikropartikeln im Plasma mittels einer optischen Pinzette — ●VIKTOR SCHNEIDER und HOLGER KERSTEN — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik der CAU zu Kiel, Deutschland

Experimentelle Untersuchungen mit Mikropartikeln, beispielsweise als elektrostatische und kalorimetrische Sonden, sind aufgrund eines Kräftegleichgewichtes auf die Randschichtregion im Plasma beschränkt. Eine dauerhafte Positionsänderung der Mikropartikel ist entweder mit erheblichem Aufwand oder mit einer Änderung der Kräftebilanz und somit einer Änderung der Plasmamaparameter verbunden.

Im Beitrag wird eine Methode vorgestellt, um Mikropartikel kontinuierlich und über lange Zeiträume im Plasma zu manipulieren. Dabei ist es möglich, die Testpartikel sowohl in die Plasmarandschicht als auch in den Plasmabulk zu bewegen. Zu diesem Zweck werden die Partikel mit Hilfe einer sogenannten optischen Pinzette, bestehend aus zwei gegenläufigen Laserstrahlen, festgehalten und das Plasma relativ dazu bewegt.

Über eine genaue Positionsbestimmung der Teilchen in der optischen Falle kann man die auf die Partikel wirkenden Kräfte im Plasma messen. Aus diesen Untersuchungen soll das elektrische Feld in der Rand-

schicht, aber auch Partikelwechselwirkungen sowie weitere Kräfte, wie die thermophoretische Kraft, bestimmt werden.

P 13.4 Tue 16:30 SPA Foyer

Kalorimetrische Messungen an einem kommerziellen Atmosphärendruck-Plasmajet — ●THORBEN KEWITZ¹, MAIK FRÖHLICH^{1,2}, SVEN BORNHOLDT¹ und HOLGER KERSTEN¹ — ¹Institut für Experimentelle und Angewandte Physik der CAU zu Kiel, Deutschland — ²Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V., Greifswald, Deutschland

Kalorimetrische Sonden erlauben die Bestimmung des Energieeinstroms von einer Plasmaquelle auf eine Oberfläche. Somit können Behandlungsergebnisse mit Plasmaeigenschaften korreliert werden. Dies erlaubt eine optimale Anpassung der Prozessparameter zur gezielten Einstellung der Oberflächeneigenschaften. Die Anwendung dieser Diagnostik bei Atmosphärendruck-Plasmajets stellt besondere Anforderungen an die Sonde. Aufgrund der kleinen Abmessungen des Plasmastrahls im Vergleich zu Niederdruckplasmen ist eine möglichst kleine Sondenoberfläche notwendig. Allerdings spielen aufgrund der Gasströmung aerodynamische Effekte eine Rolle, die durch eine größere Gesamtfläche des SONDENSYSTEMS berücksichtigt werden müssen. Bei Plasmajets mit hohen Flussraten und hohen Energiedichten ist zudem ein Aufbau notwendig, welcher mechanischer und hoher thermischer Belastung standhält. Bei der Auswertung der Messdaten müssen hier auch Effekte der Wärmestrahlung und der Wärmeleitung von der Halterung berücksichtigt werden. In dieser Arbeit wird die Diagnostik eines Atmosphärendruck-Plasmajets mit hohem Gasfluss und hoher Energiedichte vom Design der Sonde bis zur Auswertung vorgestellt.

P 13.5 Tue 16:30 SPA Foyer

Kalorimetrische Sondenmessungen beim Reaktiv-Sputtern von Aluminium und Magnesium — ●FABIAN HAASE¹, LENNARD SCHULTZ¹, SVEN BORNHOLDT¹, MAIK FRÖHLICH² und HOLGER KERSTEN¹ — ¹Institut für Experimentelle und Angewandte Physik der CAU zu Kiel, Deutschland — ²Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V., Greifswald, Deutschland

Aufgrund der hohen Flexibilität von Magnetron-Sputter-Prozessen werden diese in grosser Bandbreite für verschiedene Beschichtungsverfahren eingesetzt. In Hinblick auf die gewünschten Schichteigenschaften ist es essentiell, die Prozessparameter zu kennen und genau einzustellen. Kalorimetrische Sonden [1] eignen sich besonders zur Diagnostik und Überwachung von Abscheidungsprozessen, da sich mit ihrer Hilfe Informationen sowohl über Teilchen-, als auch über Energieströme gewinnen lassen. Diese haben bekanntermassen einen wesentlichen Einfluss auf die resultierenden Schichteigenschaften [2].

In diesem Beitrag werden Messungen zum Energieeintrag auf ein Substrat und die damit verbundene Temperaturänderung der behandelten Oberfläche beim Reaktiv-Sputtern von Aluminium und Magnesium mittels kalorimetrischer Sonden vorgestellt. Als Reaktivgas wurde Sauerstoff verwendet, dessen Mischungsverhältnis mit dem Prozessgas Argon Einfluss auf die Prozessparameter und somit auf die Eigenschaften der deponierten Schicht besitzt.

[1] Stahl et al., Rev. Sci. Instr., 82, 2010

[2] Thornton, JVST, 12, 1975

P 13.6 Tue 16:30 SPA Foyer

Ion energy distribution functions and the problem of the Bohm criterion for multi-component plasmas — ●TSANKO VASKOV TSANKOV and UWE CZARNETZKI — Institute for Plasma and Atomic Physics, Ruhr-University Bochum, 44780 Germany

The energy distributions of the ions reaching the walls contain information on a number of fundamental plasma properties and hold the key to solving the problem for the ion velocities at the sheath edge in a multi-ion-species plasma. The Bohm criterion in such plasmas gives a relation between the velocities of the different ion species at the sheath edge, but does not specify them uniquely. Several theories exist that try to resolve this problem [1,2]. Laser induced fluorescence measurements [3] seem to support one of the theories. However, for

convenience the measurements are done in front of a sheath with a bias, which basically expels all the electrons from the sheath.

In this work mass-resolved ion energy distribution functions (IEDF) are combined with probe measurements in an attempt to unravel the mystery for the individual ion velocities at the sheath edge. The results are compared with the predictions of existing theories and of a new solution of the Bohm criterion, which minimizes the electron flux through a floating sheath. Furthermore, it is shown that the IEDFs contain information about the ion mobilities. The obtained values in various noble gases agree well with the data in the literature.

[1] R N Franklin, *J. Phys. D: Appl. Phys.* **33** (2000) 3186

[2] S D Baalrud, C C Hegna, *Phys. Plasmas* **18** (2011) 023505

[3] N Hershkovitz, C-S Yip, G D Severn, *Ibid.* 057102

P 13.7 Tue 16:30 SPA Foyer

Simultane Messungen von Impulsströmen und elektrischen Strömen im Ionenstrahl — ●ALEXANDER SPETHMANN, THOMAS TROTTEBERG und HOLGER KERSTEN — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik der CAU zu Kiel, Deutschland

Breitstrahlionenquellen finden vielfältigen Einsatz zur industriellen Oberflächenbehandlung, zur Plasmaheizung in Fusionsanlagen sowie als Antriebe von Raumfahrzeugen.

In diesem Beitrag wird die verbesserte Version einer galvanometrischen Kraftsonde, die nach dem Prinzip der Kraftkompensation arbeitet, vorgestellt. Die Kraftsonde ermöglicht simultane Messungen von Impulsströmen und elektrischen Strömen auf ein ebenes Messtarget von 20 mm Durchmesser.

Die Diagnostik wird in einer 530-liter Vakuumkammer mit einer horizontal ausgerichteten Breitstrahlionenquelle durchgeführt. Eine zweiachsige Verfahrenrichtung ermöglicht die Kraftsonde zusammen mit weiteren Sonden (z.B. mit elektrostatischen und kalorimetrischen Sonden) axial und radial durch den Strahl zu fahren, um so Strahlprofile von geladenen und ungeladenen Teilchen aufnehmen zu können.

Die Kraftsonde gestattet im Zusammenhang mit simultanen Strommessungen eine Bestimmung von Ladungsaustauschstoßquerschnitten. Ebenfalls ist die Messung von gesputterten Teilchen eines gegenüber dem Strahl schräg gestellten Sputtertargets durch eine entsprechende Anordnung der Kraftsonde im Sputterbereich möglich.

P 13.8 Tue 16:30 SPA Foyer

Determination of non-Maxwellian EEDFs from the OES line-ratios in low-pressure plasmas containing argon and krypton — ●XI-MING ZHU¹, YUSUF CELIK¹, SARAH SIEPA¹, EDMUND SCHÜNGEL¹, DIRK LUGGENHÖLSCHER¹, YI-KANG PU², and UWE CZARNETZKI¹ — ¹Institute for Plasma and Atomic Physics, Ruhr-University Bochum, 44780 Germany — ²Department of Engineering Physics, Tsinghua University, Beijing 100084, People Republic of China

Optical emission spectroscopy is a non-invasive, convenient and widely-used diagnostic technique for the low-temperature plasmas, which is classically applied to obtain the electron temperature and density by assuming a Maxwellian electron energy distribution function (EEDF) [1]. However, non-Maxwellian EEDFs are formed in many plasmas with relatively low ionization ratios e.g. in inductive and capacitive plasmas, due to inelastic collisions with heavy particles, as well as sheath acceleration of secondary electrons from the electrodes [2].

In this work, we propose an OES line-ratio method that is aimed at obtaining non-Maxwellian EEDFs, with a collisional-radiative model for argon and krypton [3]. When applied for both a capacitive and an inductive plasma, this method provides satisfactory results compared with those measured by a Langmuir probe.

[1] X M Zhu and Y K Pu, *J. Phys. D: Appl. Phys.* **43**, (2010) 403001

[2] V A Godyak, *IEEE Trans. Plasma Sci.* **34**, (2006) 755

[3] X M Zhu, Y K Pu, Y Celik et al, *Plasma Sources Sci. Technol.* **21**, (2012) 024003

P 13.9 Tue 16:30 SPA Foyer

Short time-scale diagnostics for a rapidly moving arch-shaped plasma — ●SASCHA RIDDER, FELIX MACKEL, JAN TENFELDE, and HENNING SOLTWISCH — Ruhr-Universität Bochum

The FlareLab experiment is a pulsed power discharge studying the dynamical behaviour of plasma-filled arch-shaped flux tubes. In the experiment the arch-shaped flux tubes evolve on a microsecond time-scale. To determine the line-integrated electron density of the moving arch a CO₂ laser interferometer was installed. The Michelson interferometer is operated with a moveable probing arm under various ex-

perimental conditions. Measurements with invasive Rogowski coils revealed a considerable discrepancy of the current flowing through the luminous arched structure and the current provided by the pulsed power supply. Due to the missing current, coils of various diameter were utilised at different positions in the electrode system's vicinity and in the arch. Also an array of B-probes was installed around the foot-points of the arch to investigate the dynamics of plasma instabilities, being observed earlier by fast iCCD cameras. Additionally, spatially resolved measurements with a photodiode with its line-of-sight onto the electrode system were conducted. The photodiode was operated with various metal foils as energy filters to investigate the generation of vacuum UV radiation and soft X-rays.

P 13.10 Tue 16:30 SPA Foyer

Phasenaufgelöste Messung der durch einen Plasmajet deponierten Oberflächenladungen — ●ROBERT WILD¹, TORSTEN GERLING², RENÉ BUSSIAHN², KLAUS-DIETER WELTMANN² und LARS STOLLENWERK¹ — ¹Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald — ²Leibniz Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V., Greifswald

In diesem Beitrag wird die phasenaufgelöste Messung von Oberflächenladungen vorgestellt, die durch den gerichteten Betrieb eines Plasmajets (APPJ) auf einer dielektrischen Oberfläche deponiert werden. Die Messung erfolgt durch die Verwendung eines elektro-optisch aktiven Dielektrikums (BSO), das in Anwesenheit eines elektrischen Feldes optisch doppelbrechend wird. Aus der Stärke der Polarisationsänderung eines Referenzlichtstrahls kann die absolute Dichte von elektrischen Ladungen auf der Oberfläche bestimmt werden. Die gemessenen periodischen Änderungen der Ladungspolarität stimmen gut mit dem Auftreten von gerichteten Streamern ('Bullets') im Effluenten der Plasmaquelle überein. Es wird gezeigt, dass sich die beiden Polaritäten deutlich hinsichtlich absoluter Ladungsdichte sowie belegter Fläche auf dem Dielektrikum unterscheiden. Es wird weiterhin gezeigt, dass ein leitender Kanal zwischen Jet und Oberfläche benötigt wird, um Ladungen zu deponieren. Dieser wird ab einem kritischen Abstand des Jets zur Oberfläche nicht mehr gebildet. Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft, Sonderforschungsbereich SFB TRR-24, Teilprojekt B14 und durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (Bewilligungsnr. 13N11188).

P 13.11 Tue 16:30 SPA Foyer

Untersuchung der Plasma-Wand-Wechselwirkung mittels kalorimetrischer und kraftmessender Sonde — ●HENNING LANGE, THOMAS TROTTEBERG und HOLGER KERSTEN — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik der CAU zu Kiel, Deutschland

Plasmen spielen eine wichtige Rolle bei der Bearbeitung von Oberflächen. Beispiele hierfür sind das Sputtern, die Beschichtung oder die Implantation von Ionen. Für das Verständnis dieser Vorgänge sind die Wechselwirkungsmechanismen des Plasmas mit begrenzenden Oberflächen von Bedeutung. Dazu zählt insbesondere die Ausbildung der Randschicht und Vorschicht. Wie die Randschicht bei Plasmen mit mehreren Ionen-Spezies aufgebaut ist und wie das dazugehörige Bohm-Kriterium aussieht, ist z. B. Gegenstand aktueller Forschung.

Im Rahmen dieser Arbeit werden Messreihen mit verschiedenen Gasen (Ar, Ne, N₂, H₂, ...) und Plasmametern in einem Niedertemperaturplasma aufgenommen. Mithilfe einer Kraftsonde, die aus einem mechanischen Pendel besteht, wird die Kräfteinwirkung gemessen, die das Plasma auf eine Oberfläche ausübt. Gleichzeitig wird mit einer kalorimetrischen Sonde der Energieeintrag auf die Oberfläche experimentell bestimmt.

Die Kombination beider Sonden und Messmethoden zielt darauf ab, ein besseres Verständnis der Plasma-Wand-Wechselwirkungen zu gewinnen.

P 13.12 Tue 16:30 SPA Foyer

Zeitaufgelöste Emissionsspektroskopie von Impaktplasmen — ●CHRISTOPH MICHALSKI, FRANK SCHÄFER und TOBIAS HOERTH — Fraunhofer EMI, Freiburg, Deutschland

Bei Hypervelocity-Impaktereignissen, wie z.B. Meteoriteneinschläge auf planetare Oberflächen, entstehen bei Geschwindigkeiten von mehreren Kilometern pro Sekunde sehr kurzzeitige Plasmen mit Lebensdauern von wenigen Mikrosekunden. Als erste indirekte Informationsquelle dient der damit einhergehende Impaktblitz. Am Fraunhofer EMI werden mittels einer zweistufigen Leichtgasbeschleunigeranlage Geschwindigkeiten von bis zu 9 km/s bei Projektildurchmessern von einigen Millimetern erreicht. Über ein Messsystem bestehend aus Spektrograph und Streak-Kamera können zeitaufgelöste Spektren auf-

genommen werden. Eine Analyse dieser Spektren ermöglicht die Ableitung physikalischer Größen wie Temperatur und Elektronendichte, womit auf die extremen physikalischen Bedingungen am Impaktort geschlossen werden kann. Erste Ergebnisse von Untersuchungen lassen auf Temperaturen bis zu 30000 K und Elektronendichten bis zu 1019 cm⁻³ schließen. Die Kenntnis der frühen physikalischen Zustände ist auch für das Verständnis der Entstehungsprozesse von natürlichen Impaktkratern von großer Bedeutung. Dafür werden Impaktversuche auf natürliche Gesteine wie Sand- und Kalkstein durchgeführt. Um Aussagen über die chemisch-mineralogischen Prozesse während der Projektil-Target-Interaktion treffen zu können spielt vor allem der Ionisationsgrad, sowie die Dauer des Plasmazustandes eine große Rolle.

P 13.13 Tue 16:30 SPA Foyer

Ausbreitung von Ionisationswellen auf metallbasierten Mikroplasma-Arrays — ●MARKUS BROCHHAGEN¹, JUDITH GOLDA¹, VALENTIN FELIX², REMI DUSSART² und VOLKER SCHULZ-VON DER GATHEN¹ — ¹Experimentalphysik II, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum — ²GREMI, Université d'Orléans, Orléans, Frankreich

Mikroplasma-Arrays sind häufig in Mikrostrukturtechnik hergestellte zweidimensionale Strukturen aus Kavitäten mit Dimensionen von ca. 100 μm auf einem Silizium-Wafer. Durch eine dielektrisch isolierte zusätzliche Nickel-Elektrode auf der Oberfläche des Wafers können bei bi-polarer Anregung im kHz-Bereich mit Peak-to-Peak Spannungen von einigen hundert Volt innerhalb der Kavitäten in verschiedenen Arbeitsgasen Mikroentladungen gezündet werden. Es wurde beobachtet, dass die Zündung der einzelnen Kavitäten sich Wellen-ähnlich über die Oberfläche des Arrays ausbreitet. Ähnliche Phänomene werden hier auch für auf Metallgittern beruhenden Arrays beobachtet. Diese Arrays sind bei den verwendeten Parametern deutlich robuster als die bisher untersuchten Silizium-basierten Strukturen. Neben schnellen Strom- und Spannungsmessungen wurde die zeitliche und räumliche Struktur der Entladungen auf der Oberfläche mit Hilfe phasen aufgelöster schneller Emissionsbilder betrachtet. Die Untersuchung der Mikroarrays zeigt neben der Ausbreitung der Ionisationswellen, auch eine starke Asymmetrie der Emission in den beiden Polaritäten. Die Ergebnisse werden mit solchen von Silizium-basierten Arrays verglichen.

Gefördert im Rahmen des PROCOPE-Projektes 54366312 und von der DFG in der Forschergruppe FOR1123.

P 13.14 Tue 16:30 SPA Foyer

Beam Diagnostics for Gridded Ion Engines in the μN Thrust Range — ●PETER E. KÖHLER and BRUNO K. MEYER — Justus-Liebig-Universität Gießen, I. Physikalisches Institut, Gießen, Germany

In the near future mini ion engines are going to have many applications. These engines provide the possibility of accurate fine positioning in the space and a precise control of attitude. To qualify the thruster and the ion beam, we need a corresponding diagnostic system, which can record the high dynamics of the exhausted ion beam.

In the special case of a radio-frequency ion thruster, the mean electron energy inside the plasma can be derived from the ion energy distribution of the beam. This leads to the great advantage of measuring plasma parameters without any perturbation of the plasma itself.

At the University of Giessen we developed a new diagnostic system to detect the ion beam. All sensors can be rotated around the thruster. The linear Faraday-cup array has a special cup-alignment for high resolution scanning of the ion beam profile. The energy distribution is recorded with a retarding potential analyzer. We show the development of our diagnostic system and present measurements of our smallest μN gridded ion engine.

P 13.15 Tue 16:30 SPA Foyer

Polarization of hard bremsstrahlung as an efficient diagnostic tool for hot plasmas — ●STANISLAV TASHENOV¹, CSILLA SZABO-FOSTER², PAUL INDELICATO², and ALEXANDRE GUMBERIDZE³

— ¹Physics Institute, Heidelberg University, Germany — ²Laboratoire Kastler Brossel, Ecole Normale Supérieure, CNRS, Université Pierre et Marie Curie-Paris 6, France — ³ExtreMe Matter Institute EMMI and Research Division, GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung, Darmstadt, Germany

Plasma polarization diagnostics is a mature technique which is sensitive to plasma anisotropies. It was applied at hot laboratory plasmas such as fusion plasmas. It is also planned to be used for astrophysics observations. In these techniques x-ray transition lines are observed with polarization-sensitive detectors based on the Bragg reflection. The collision processes such as electron-impact excitation, ionisation and recombination leave the ion in the excited and aligned state and its decay produces polarised x-rays. The polarization properties of such x-rays differ from process to process and the total degree of polarization is often reduced to a few percents. Here we introduce a new technique of polarization diagnostics which is based on bremsstrahlung radiation detected with a Compton polarimeter. This technique is simpler yet more efficient than the once mentioned before. In a test measurement at an Electron Cyclotron Resonance Ion Trap with 15 keV plasma we observed 70% polarization of 30-60 keV x-rays. Since bremsstrahlung is the dominant x-ray emission mechanism the intensity of these x-rays allows for a highly efficient diagnostic technique.

P 13.16 Tue 16:30 SPA Foyer

Detection limit of the interferometric hook method for absolute species density measurements at atmospheric pressure plasmas — ●TORSTEN GERLING, MATHIAS ANDRASCH, RENÉ BUSSIAHN, CHRISTIAN WILKE, and KLAUS-DIETER WELTMANN — INP Greifswald

Measurements of absolute densities in atmospheric pressure plasmas still prove to be challenging. Therefore, the hook method is applied to test the chances of measuring these absolute values. When a background light source passes the plasma in the spectral region of a transition, anomalous dispersion appears. The width of the anomalous dispersion depends on the density of the lower state of the transition, the oscillator strength and the length of absorption. In order to measure the anomalous dispersion, the light passes an interferometer and is afterwards spectrally resolved by a grating and detected by a CCD camera. Within our investigations, we focussed on the OH radical in a flame, in a microwave plasma source and a MHz plasma source. We will therefore discuss the detection limit of the hook method and assess the limit for other species like atomic oxygen O.

P 13.17 Tue 16:30 SPA Foyer

Metastabilendynamik in HiPIMS-Plasmen — ●ALEXANDER KANITZ, MARC BÖKE, TERESA DE LOS ARCOS, ANTE HECIMOVIC und JÖRG WINTER — Ruhr-Universität Bochum, EP II, 44801 Bochum

Speziell in HPPMS-Plasmen (High Power Pulsed Magnetron Sputtering), die sich durch kurze Pulsdauern von einigen 10 - 100 μs und hohe Leistungsdichten auszeichnen, sind Metastabile nicht nur während des Plasmapulses, sondern aufgrund ihrer langen Lebensdauer auch im Afterglow eine wichtige Komponente. Sie geben zum einen Aufschluss über die Entladungsdynamik und Gastemperatur, zum anderen sind sie auch ein wichtiger Faktor in Anregungsprozessen. Durch die räumliche Inhomogenität und zeitliche Entwicklung des HPPMS-Plasmas müssen die Metastabilendichten orts- und zeitaufgelöst gemessen werden. Besonders eignen sich dazu Messungen des Absorptionsprofils mit durchstimmbaren Laserdioden. In diesem Fall wird der Übergang der Ar-Metastabilen von 1s₅ und 1s₃ untersucht. Der schmalbandige Laserstrahl wird durch ein strahlaufweitendes Linsensystem geleitet und durchquert dann das Plasma. Das Signal wird hinter dem Plasma mit einem Array von Fotodioden detektiert und erlaubt so gleichzeitige Orts- und Zeitauflösung. Die entwickelte Diagnostik und erste Ergebnisse werden vorgestellt. Gefördert durch die DFG im Rahmen von SFB-TR 87.

P 14: Poster Session - Theory and Modelling

Time: Tuesday 16:30–18:30

Location: SPA Foyer

P 14.1 Tue 16:30 SPA Foyer

Filamentary Plasma Eruptions in Tokamaks — ●SOPHIA I. HENNEBERG and HOWARD R. WILSON — York Plasma Institute, Department of Physics, University of York, Heslington, York, YO10 5DD,

UK

The early stages as well as the crash of explosive, filamentary eruptions in magnetised plasmas, such as Edge Localised Modes (ELMs) in tokamaks, are investigated by modelling the ballooning mode envelope

equation which can be derived from non-linear ideal MHD [1,2]. The ballooning mode envelope equation describes the growth of a plasma filament amplitude; however it is not generally analytically tractable. Wilson and Cowley [3] derived this equation for tokamak-like geometry, and provided numerical solutions for the two-dimensional non-linear differential equation, which can involve fractional temporal derivatives, but is often second order in time and space. We have extended those simulations to evolve through linear marginal stability instead of starting with a highly unstable state. This enables one to explore more realistic scenarios of these explosive events. Building on this, we have developed a new heuristic approach for the energy ejected in the plasma eruptions that could form the basis for a first-principle ELM model for tokamaks and, indeed, plasma eruption events in other plasma systems. If successfully benchmarked against tokamak data (future work), this method would help to make confident predictions for ELMs in ITER.

[1] S.C. Cowley et al., Phys. Plasmas 3, 1848 (1996)

[2] O.A. Hurricane et al., Phys. Plasmas, 4, 3565 (1997)

[3] H.R. Wilson and S.C. Cowley, Phys Rev Letts, 92, 175006 (2004)

P 14.2 Tue 16:30 SPA Foyer

Modellierung von geschichteten Filamenten in einem RF-Plasmajet — ●FLORIAN SIGENEGER und DETLEF LOFFHAGEN — INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald

Der Plasmajet arbeitet bei Atmosphärendruck und besteht aus zwei konzentrischen Kapillaren und zwei ringförmigen Elektroden, die um die äußere Kapillare gewickelt sind. Im aktiven Volumen zwischen den Elektroden wird ein filamentiertes Argon-Plasma durch eine RF-Spannung bei 27.12 MHz erzeugt. Je nach Entladungsbedingungen werden ein oder mehrere Filamente experimentell beobachtet.

Ein einzelnes Filament wurde mit Hilfe eines räumlich zweidimensionalen Fluidmodells theoretisch untersucht. Das axialsymmetrische Modell umfasst Kontinuitätsgleichungen für Elektronen und die wichtigsten Argonteilchen, die Elektronenenergiebilanz, die Poisson-Gleichung und eine Gleichung für die Oberflächenladung an den Wänden der Kapillaren. Außerdem wird die Wärmebilanzgleichung gelöst, um die Gastemperatur zu ermitteln. Die Transporteigenschaften der Elektronen sowie ihre Stoßratenkoeffizienten wurden durch Lösung der Elektronen-Boltzmann-Gleichung als Funktion der mittleren Elektronenenergie und des Ionisationsgrades bestimmt.

Die Ergebnisse zeigen eine deutliche Separation zwischen dem kontrahierten Filament im Bulkplasma und den Elektrodenregionen. Außerdem wurden ausgeprägte Schichtungen entlang des Filaments mit Modulationsgraden bis zu 90% gefunden.

Diese Arbeit wurde durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft im Rahmen des SFB TRR 24 unterstützt.

P 14.3 Tue 16:30 SPA Foyer

Reaktionskinetik von HMDSO im Atmosphärendruckplasmajet in Argon — ●DETLEF LOFFHAGEN, MARKUS M. BECKER, RÜDIGER FOEST und FLORIAN SIGENEGER — INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald

Hexamethyldisiloxan (HMDSO) ist eine siliziumorganische Verbindung, die häufig als Präkursor bei der Dünnschichtabscheidung mittels plasmagestützter chemischer Gasphasenabscheidung (PECVD) Anwendung findet. Um das physikalische Verständnis der Beschichtungsprozesse besser zu verstehen, werden im Rahmen des Forschungsclusters „Optimierung der Gasausnutzung bei Atmosphärendruck-Plasmaprozessen“ (www.ogaplas.de) grundlegende Untersuchungen zur Aufdeckung der plasmachemischen Reaktionspfade von HMDSO und ihrer Wirkung auf die Zusammensetzung und Struktur der abgesetzten Schicht durchgeführt. Der vorliegende Beitrag stellt die wesentlichen primären und sekundären plasmachemischen Prozesse und deren Reaktionsprodukte im Effluenten eines Argonplasmajets bei Atmosphärendruck vor. Die verfügbaren Daten und die Bedeutung der verschiedenen Elektronen- und Schwerteilchenstoßprozesse werden diskutiert. Ergebnisse von hydrodynamischer Modellierung des Plasmajets deuten daraufhin, dass die Fragmentierung von HMDSO durch Stöße mit Argonmolekülonen initiiert wird, während Penningprozesse für die Reaktionskinetik im Effluenten eine untergeordnete Rolle spielen.

Die Arbeiten werden durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft unter dem Geschäftszeichen LO 623/3-1 unterstützt.

P 14.4 Tue 16:30 SPA Foyer

Growth of axisymmetric instabilities in ASDEX Upgrade — ●TILL SEHMER¹, KARL LACKNER¹, ERIKA STRUMBERGER¹, EMILIANO FABLE¹, PATRICK MCCARTHY², and OTTO KARDAUN¹ — ¹Max-

Planck-Institut für Plasma-Physik, EURATOM Association Boltzmannstraße 2, 85748 Garching, Germany — ²University College Cork, Ireland

Modern poloidal divertor tokamaks, such as ASDEX Upgrade (AUG), produce elongated plasmas, which are unstable against vertical displacement. The growth rate of this 2D instability in the presence of stabilizing passive conductors (PSL) with finite resistivity was calculated for 5416 AUG typical equilibria. For this, a general ideal MHD code package (NEMEC, CAS3DN, STARWALL) was used, which is able to take into account also the 3D structure of the PSL. The comparison of the resulting growth rates with the previously used rigid displacement model (movement only in z-direction, no skin effect for PSL considered, no induced surface currents) shows that the latter simplified model gives a consistently lower limit for typical AUG parameters (elongation, triangularity, current profile and axis position in radial direction). A statistical analysis of the results of the rigid displacement model shows the expected dependencies except for the triangularity, which has a stabilizing effect in this model. Based on results of our present, more general model, we conclude that a rigid displacement model gives an over-optimistic result regarding the effect of triangularity, in line with the experimental observation on AUG of an increasing discrepancy between previously predicted and observed growth rates for strongly triangular plasmas.

P 14.5 Tue 16:30 SPA Foyer

Numerische Simulation von kalten und heißen Gasströmungen in einem Mikrowellen-Plasmabrenner — ●SANDRA GAISER, MARTINA LEINS, ANDREAS SCHULZ, MATTHIAS WALKER und THOMAS HIRTH — Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie, Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 31, 70569 Stuttgart

Eine entscheidende Rolle bei der Optimierung eines Mikrowellen-Plasmabrenners spielt das Gasmanagement. Heiße Gasströmungen müssen kontrolliert und empfindliche Bereiche im Brenner davor geschützt werden. Da eine rein empirische Untersuchung solcher Strömungsprozesse für deren Verständnis unzureichend ist, werden numerische Simulationen mit COMSOL Multiphysics[®] durchgeführt.

In einem ersten Schritt wurde das Verhalten kalter Gasströmungen in einem Glasrohr betrachtet, in dem später das Plasma betrieben wird. Mit Hilfe einer tangentialen Anordnung der Gaseinlässe kann eine Rotationsströmung entlang der Rohrwand erzielt werden, die einen Einschluss des heißen Plasmas ermöglicht. Es zeigt sich, dass eine größere Anzahl von Gaseinlässen eine gleichmäßigere Hüllströmung und somit eine bessere Stabilisierung des Plasmas gewährleistet. Andererseits sind hohe Einlassgeschwindigkeiten eine Voraussetzung für die Erhaltung der Rotationsströmung über den gesamten Plasmabereich.

Da es im Plasmabrenner zu einem Aufheizen des Gases kommt, wurde dieser Einfluss untersucht. Dazu wurde zunächst eine konstante Heizquelle in das Strömungsmodell eingebracht. Die sich daraus ergebenden Temperaturprofile zeigen bereits eine gute Übereinstimmung mit gemessenen Werten.

P 14.6 Tue 16:30 SPA Foyer

Stabilization of finite-element methods for shock wave problems in Comsol Multiphysics — ●MARINA LISNYAK, MARKUS M. BECKER, SERGEJ GORCHAKOV, DETLEF LOFFHAGEN, and KLAUS-DIETER WELTMANN — INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald

It is well known that in arc plasmas shock waves can occur. Therefore, numerical methods used for modelling of arc plasmas have to be robust and able to describe discontinuities. Sudden jumps of plasma properties such as temperature and pressure lead to shock wave initiation. During the last decades large effort for the development of numerical methods for the accurate description of shock waves in gases have been made. However, more general methods are still required for modelling of arc plasmas since different phenomena have to be described at the same time. In the present contribution the capabilities of the commercial software package Comsol Multiphysics for modelling of strong shock waves are evaluated. Different techniques for stabilization of the implemented finite-element methods are compared with the example of known test cases, like Sod's shock tube problem and Lax' problem. The results demonstrate that the streamline upwind Petrov-Galerkin (SUPG) stabilization gives satisfactory results and allows to remove instabilities, except narrow regions near discontinuities.

P 14.7 Tue 16:30 SPA Foyer

"Collisionless absorption, hot electron generation and intensity scaling in relativistic laser plasma interaction — ●TATYANA

LISEYKINA¹ and PETER MULSER² — ¹Institut für Physik, Universität Rostock, Germany — ²Institut für Angewandte Physik, Technische Universität Darmstadt, Germany

The essence of collisionless absorption of intense laser beams in solid targets and the generation of fast electrons is described. From one-dimensional particle-in-cell simulations the main absorption mechanism is extracted as a function of intensity in the relativistic domain. Degree of absorption and hot electron production is shown to undergo a minimum which is attributed to the back holding effect of the radiation pressure. The variation of the electron spectrum with intensity is analyzed and scaling laws are presented. A critical comparison with existing modelling and experiments is given.

P 14.8 Tue 16:30 SPA Foyer

Simulation of nanocolumn formation in low-temperature plasmas — •JAN WILLEM ABRAHAM, LASSE ROSENTHAL, and MICHAEL BONITZ — Institut für theor. Physik und Astrophysik, CAU Kiel

Metal-polymer nanocomposites are of growing interest in many fields because the diverse physical features of their constituents allow for the production of materials with interesting novel properties. Recent experiments [1] and simulations [2] have shown that co-evaporation of the metallic and organic components in a simple single-step process can give rise to the formation of ultrahigh-density Fe-Ni-Co nanocolumnar structures embedded in a fluoropolymer matrix. Accompanying upcoming experiments, we show new results from kinetic Monte Carlo simulations that are expected to answer the question whether similar structures can also be produced in a plasma environment.

[1] Greve et al. Appl. Phys. Lett. **88**, 123103 (2006) [2] L. Rosenthal et al. J. Appl. Phys. **144**, 044305 (2013)

P 14.9 Tue 16:30 SPA Foyer

Configuration path integral Monte Carlo - Theory — •SIMON GROTH, TIM SCHOOF, DAVID HOCHSTUHL, ALEX FILINOV, and MICHAEL BONITZ — Institut für Theoretische Physik und Astrophysik, Christian-Albrechts Universität zu Kiel, Germany

The worm algorithm for configuration path integral Monte Carlo (CPIMC), based on the expansion of the one-particle Green function in a basis of (anti-)symmetrized N-particle states (configurations of occupation numbers), has been successfully applied to lattice models of bosonic systems in equilibrium [1]. Here, we present a generalization to correlated, fermionic many-particle systems with arbitrary pair interactions in continuous space at finite temperatures. The method does not rely on any approximations yielding exact results. Further, the sign problem of the presented method is complementary to that of the standard Direct fermionic path integral Monte Carlo (PIMC) [2] and thus allows for calculations of highly degenerate systems which are not accessible with PIMC. The algorithm including all Monte Carlo steps sufficient to ensure ergodicity is explained in detail. In an accompanying poster by Schoof et al., the application of the method is investigated for a test system of degenerate, Coulomb-interacting fermions in a two dimensional trap.

[1] N. V. Prokof'ev, B. V. Svistunov, and I. S. Tupitsyn, J. Exp. Theor. Phys. **87**, 310 (1998)

[2] T. Schoof, M. Bonitz, A. Filinov, D. Hochstuhl, and J. Dufty, Contrib. Plasma Phys. **51**, 687 (2011)

P 14.10 Tue 16:30 SPA Foyer

Configuration path integral Monte Carlo simulation of correlated fermions - Application — •TIM SCHOOF, SIMON GROTH, DAVID HOCHSTUHL, ALEX FILINOV, and MICHAEL BONITZ — Institut für Theoretische Physik und Astrophysik, Christian-Albrechts Universität zu Kiel, Germany

The configuration path integral Monte Carlo (CPIMC) method allows for efficient ab-initio simulations of highly degenerate, moderately coupled systems with arbitrary pair interactions in a continuous space at finite temperatures [1,2]. Using the worm algorithm [3] gives direct access to the one-particle Green-function and related off-diagonal quantities. Results for degenerate, Coulomb-interacting fermions in a two dimensional trap are presented and the efficiency of the method (fermion sign problem) is investigated and compared to standard Direct fermionic path integral Monte Carlo (PIMC) and an exact diagonalization method. The details of the algorithm are given in an accompanying poster.

[1] T. Schoof, M. Bonitz, A. Filinov, D. Hochstuhl, and J. Dufty, Contrib. Plasma Phys. **51**, 687 (2011)

[2] T. Schoof, S. Groth and M. Bonitz in "Complex Plasmas: Scientific Challenges and Technological Opportunities", edited by M. Bonitz, K. Becker, J. Lopez and H. Thomsen Springer, to be published 2013.

[3] N. V. Prokof'ev, B. V. Svistunov, and I. S. Tupitsyn, J. Exp. Theor. Phys. **87**, 310 (1998)

P 14.11 Tue 16:30 SPA Foyer

Numerical simulations of drift wave-zonal flow turbulence — •OLE MEYER¹, ODD ERIK GARCIA², RALPH KUBE², and ALEXANDER KENDL¹ — ¹University of Innsbruck, Institute for Ion Physics and Applied Physics, A-6020 Innsbruck, Austria — ²University of Tromsø, Department of Physics and Technology, N-9037 Tromsø, Norway

In the edge of magnetically confined plasmas one experimentally observes long-range correlations in time series of fluctuating plasma parameters. This is believed to be indirect evidence of self-organized criticality behavior of the radial particle flux. A well established model that describes plasma edge dynamics is given by the Hasegawa Wakatani equations (HW). The HW model can be modified (MHW) to allow for self-consistent formation of zonal structures from the underlying drift-wave turbulence. A Fourier-Galerkin method is used to solve the MHW equations in a two-dimensional slab geometry, assuming a uniform and constant magnetic field. Simulations of the quasi-adiabatic regime of the MHW model have been performed well into the non-linearly saturated state. Time series from these simulations are analysed statistically using rescaled range (R/S) analysis and temporal structure functions. Probability distributions (PDFs) of fluctuating quantities are essentially Gaussian for coupling-parameter $C = 0.1$ and $C = 0.2$ whereas increased adiabaticity ($C = 1$) yields exponential tails in PDFs. R/S and temporal structure function analysis computes Hurst exponents close to 0.5. Non-linear scaling exponents in structure functions give evidence of multi-fractal behavior in fluctuating quantities.

P 14.12 Tue 16:30 SPA Foyer

Kinetic Monte Carlo Simulations of Cluster Growth in a Plasma — •KENJI FUJIOKA, SEBASTIAN WOLF, and MICHAEL BONITZ — ITAP University of Kiel, Germany

Cluster growth in low-temperature plasmas is of increasing importance as modern technologies utilize these systems in the fabrication of unique and novel materials. In order to model the complex interplay of the physical processes involved, kinetic Monte Carlo (kMC) simulations are efficient and well suited [1]. Here we present an improvement to the standard *first reaction* method of kMC that is based on simulations of astrophysical polarization maps [2]. This algorithm limits the total number of calls for random number generation while allowing for fluctuating rates and arbitrarily distributed processes. We show some test cases of the algorithm itself, but focus on simulation results for cluster size and velocity distributions and compare them with recent experiments [3]. [1] M. Bonitz et al, Contrib. Plasma Phys. **52**, No. 10, 804 (2012). [2] O. Fischer et al, Astron. Astrophys., **284**, 187 (1994). [3] M. Ganeva et al, Plasma Sources Sci. Technol. **22**, 045011 (2013).

P 14.13 Tue 16:30 SPA Foyer

Estimation of critical parameters for the Super-FRS target at FAIR — •CLAUDIA-VERONIKA MEISTER and DIETER H.H. HOFFMANN — Technische Universität Darmstadt, Institut für Kernphysik, Schlossgartenstr. 9, 64289 - Darmstadt

In the Super-FRS target and in the beam catchers at GSI stress waves are generated by intense, fast-extracted ion beams which deposit a high amount of energy within a very short time into target material. This may cause material damage. In this connection, measurements of thermal parameters and eddy-currents resistivity are planned as monitoring techniques. At the same time, to understand the physics of the destruction processes in more detail, also a comprehensive theoretical study of thermal parameters such as heat capacity and coefficient of thermal expansion as well as transport coefficients in warm dense matter is necessary. Here, latest experimental and theoretical results for the critical parameters of the Super-FRS target are compared.

P 14.14 Tue 16:30 SPA Foyer

Thermal Simulation of a Radio Frequency Ion Thruster — •WALDEMAR GÄRTNER and BRUNO MEYER — I Physikalisches Institut Justus Liebig Universität, Giessen, Germany

Common missions have a high requirement on the power consumption of all parts of a spacecraft. Since the thermal behavior of the thruster

play a great role for the power absorption it is necessary to optimize the thermal design. For the thermal modeling the program COMSOL Multiphysics is used. To investigate the power losses in the thruster an electromagnetic simulation was built up. And then to describe the thermal behavior a 3D thermal model was produced. The thermal simulation considers the thermal radiation between the thruster surfaces and radiation to the test facility walls. We also include in the model thermal conductance of the parts and between the parts.

In current work results of thermal modeling for the small RIT will be presented. Comparison between simulation and experimental data will be given.

Evaluation of the discharge plasma parameters can be done with using of reverse thermal simulation. It seems to be interested for future investigation on non-contact plasma diagnostic.

P 14.15 Tue 16:30 SPA Foyer

Einfluss von Elektron-Elektron-Stößen auf die Leitfähigkeit warmer dichter Materie — GERD RÖPKE, HEIDI REINHOLZ, ●SEBASTIAN ROSMEJ und RONALD REDMER — Universität Rostock, Institut für Physik, 18051 Rostock, Deutschland

Die Frage nach dem Einfluss von Elektron-Elektron-Stößen auf die dynamische Leitfähigkeit der dichten Plasmen wird diskutiert. Insbesondere wird die Gleichstromleitfähigkeit untersucht. Bei geringen Dichten im nichtentarteten Grenzfall ist das Verhalten bekannt. Mit zunehmender Entartung nimmt die Rolle der Elektron-Elektron-Stöße ab. Es wird ein "Korrekturfaktor" vorgeschlagen, der die Berücksichtigung der Elektron-Elektron-Stöße bei der Behandlung der Leitfähigkeit auf der Grundlage der Kubo-Greenwood Formel möglich macht. Beispielrechnungen zu Aluminium werden vorgestellt.

P 14.16 Tue 16:30 SPA Foyer

Cluster virial expansion for partially ionized plasmas — ●NIELS-UWE FRIEDRICH BASTIAN¹, YULTUZ OMARBARKIYEVA², GERD RÖPKE¹, and HEIDI REINHOLZ¹ — ¹INSTITUT FÜR PHYSIK | Universität Rostock, Universitätsplatz 3 | Rostock, Germany — ²SECTION OF PHYSICS | International IT University, Dzhandosov 8a | Almaty, Kazakhstan

The chemical picture serves as an intuitive concept to treat the low-density limit of many-particle systems forming clusters (bound states). Systematic quantum statistical approaches allow to combine the mass action law with mean-field concepts. Within a generalized Beth-Uhlenbeck approach, the quasi particle virial expansion and the suppression of correlations due to screening and Pauli blocking is formulated. This approach is generalized to include arbitrary clusters, where special attention must be paid to avoid inconsistencies such as double counting. The contribution of the continuum to the virial coefficients can be reduced considering separately excited states and quasiparticle energies. The cluster-virial expansion connects known benchmarks at low densities as well as at high densities. In detail the electron, proton and atom system is considered.

P 14.17 Tue 16:30 SPA Foyer

Laser Plasma Acceleration: amplification of a laser induced plasma wave and electron trapping — ●SALTANAT SADYKOVA¹, ANRI RUKHADZE², STEPAN ANDREEV², and PAUL GIBBON¹ — ¹Forschungszentrum Jülich - Jülich Supercomputing Centre (JSC) — ²Prokhorov General Physics Institute, Russian Academy of Sciences, Vavilov Street 38, Moscow, 119991, Russia

The idea to accelerate the charged particles in a plasma medium using collective plasma fields belongs to Budker, Veksler, and Fainberg. Later on, another acceleration schemes were proposed including the laser plasma acceleration. In our earlier work we studied the possibility of employment of ultrarelativistic monoenergetic electron and proton bunches for generation of high plasma wakefields in dense plasmas due

to Cherenkov resonance plasma- bunch interaction. We estimated various parameters at which the maximum amplitude can be generated at the given plasma and bunch parameters [1]. In our present work, we discuss another scheme of amplification of a plasma wave using a laser at the qualitative level. Namely, we make an estimation of plasma, injected electron bunch parameters, maximum amplitude of the generated electric field, determine condition for the electron trapping by the laser-induced plasma wave at which the maximum electron acceleration energy can be gained. As the basis parameters we use those set in plasma acceleration experiment at SPARC-LAB facility of INFN-LNF, Frascati, Italy, with external electron Injection [2]. [1] A. A. Rukhadze and S. P. Sadykova, Phys. Rev. ST Accel. Beams 15, 041302 (2012); [2] A. R. Rossi, et al., Proceedings of IPAC2012, USA, WEEPPB002

P 14.18 Tue 16:30 SPA Foyer

Laser Plasma Acceleration: amplification of a laser induced plasma wave and electron trapping — ●SALTANAT SADYKOVA¹, ANRI RUKHADZE², STEPAN ANDREEV², and PAUL GIBBON¹ — ¹Forschungszentrum Jülich - Jülich Supercomputing Centre (JSC) — ²Prokhorov General Physics Institute, Russian Academy of Sciences, Vavilov Street 38, Moscow, 119991, Russia

The idea to accelerate the charged particles in a plasma medium using collective plasma fields belongs to Budker, Veksler, and Fainberg. Later on, another acceleration schemes were proposed including the laser plasma acceleration. In our earlier work we studied the possibility of employment of ultrarelativistic monoenergetic electron and proton bunches for generation of high plasma wakefields in dense plasmas due to Cherenkov resonance plasma- bunch interaction. We estimated various parameters at which the maximum amplitude can be generated at the given plasma and bunch parameters [1]. In our present work, we discuss another scheme of amplification of a plasma wave using a laser at the qualitative level. Namely, we make an estimation of plasma, injected electron bunch parameters, maximum amplitude of the generated electric field, determine condition for the electron trapping by the laser-induced plasma wave at which the maximum electron acceleration energy can be gained. As the basis parameters we use those set in plasma acceleration experiment at SPARC-LAB facility of INFN-LNF, Frascati, Italy, with external electron Injection [2]. [1] A. A. Rukhadze and S. P. Sadykova, Phys. Rev. ST Accel. Beams 15, 041302 (2012) [2] A. R. Rossi, et al., Proceedings of IPAC2012, WEEPPB002

P 14.19 Tue 16:30 SPA Foyer

Laser-ion density modulations by ultrafast electron filamentation — ●THOMAS KLUGE¹, JOSEFINE METZKES¹, KARL ZEIL¹, THOMAS E. COWAN^{1,2}, ULRICH SCHRAMM^{1,2}, and MICHAEL BUSSMANN¹ — ¹Helmholtzzentrum Dresden-Rossendorf — ²Technische Universität Dresden

The interaction of ultra-intense lasers with solid foils can be used to accelerate ions to high energies well exceeding 60 MeV. The non-linear relativistic motion of electrons in the intense laser radiation leads to their acceleration and later to the acceleration of ions. Ions can be accelerated from the front surface, the foil interior region, and the foil rear surface (TNSA, most widely used), or the foil may be accelerated as a whole if sufficiently thin (RPA).

Here, we focus on the most widely used mechanism for laser ion-acceleration of TNSA. Starting from perfectly flat foils we show by simulations how electron filamentation at or inside the solid leads to a spatial modulations in the ions. The exact dynamics depend very sensitively on the chosen initial parameters which has a tremendous effect on electron dynamics.

For the first time the two-plasmon decay of plasma oscillations is considered as a source of small-scale length modulations and evidence for its existence in ultrashort laser irradiation of steep density gradients is presented.

P 15: Poster Session - Laser Plasmas

Time: Tuesday 16:30–18:30

Location: SPA Foyer

P 15.1 Tue 16:30 SPA Foyer

Ultra-intense amplification of ultra-short laser pulses via strongly coupled Brillouin scattering — ●FRIEDRICH SCHLACK, GÖTZ LEHMANN, and KARL-HEINZ SPATSCHEK — Theoretische Physik I, Heinrich-Heine Universität, Düsseldorf

Plasma based amplification of laser pulses is currently discussed as a key component for the next generation of high-intensity laser systems. Using parametric backscattering processes, the generation of ultra-short pulses in the exawatt-zetawatt regime seems to be possible. We investigate laser seed pulse amplification via strongly-coupled (sc) Brillouin backscattering using three-wave interaction models. The

growth of a finite duration seed pulse occurs in a self-similar manner, where the maximum amplitude grows proportional to z^δ , where z is the amplification length. We demonstrate, that δ depends on the initial duration of the seed pulse and interpret this as a variation in the effective seeding power. In order to discuss the potential of reaching the exawatt regime, we extend the basic sc-Brillouin three-

wave model to multi-dimensional geometry, including dispersive and weakly-relativistic effects. This allows us to investigate the influence of transverse filamentation and self-focusing effects, which could limit the amplification length and thus the maximum achievable intensity. Results from first two-dimensional numerical simulations are compared to analytic estimates for filamentation and self-focusing.

P 16: Helmholtz Graduate School for Plasma Physics I

Time: Wednesday 14:00–16:05

Location: SPA HS202

Topical Talk P 16.1 Wed 14:00 SPA HS202
Transport analysis of high radiation and high density plasmas at ASDEX Upgrade — ●L. CASALI, M. BERNERT, R. DUX, R. FISHER, A. KALLENBACH, O. KARDAUN, B. KURZAN, P. LANG, A. MLYNEK, R. MCDERMOTT, F. RYTER, M. SERTOLI, G. TARDINI, and H. ZOHM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM-Assoziation, Boltzmannstraße 2, D-85748 Garching

Future fusion reactors will operate under more demanding conditions compared to present devices. They will require high divertor and core radiation by impurity seeding to reduce heat loads on divertor target plates. In addition, high core densities are required to reach adequate fusion performance. These scenarios are addressed at the ASDEX Upgrade tokamak. Here we present the transport analysis of such scenarios. Plasmas with high radiation by impurity seeding: a non coronal radiation model was developed and compared to the bolometric measurements in order to provide a reliable radiation profile for transport calculations. Power balance analyses taking into account the radiation distribution show no change in the core transport during impurity seeding. High density plasmas with pellets: very good agreement between experimental values and transport calculations is found. Both reveal that τ_E remains constant despite the density increase. Hence the density dependence of ITER98 ($\tau_E \sim n_e^{0.41}$) is not adequate to describe this regime. The kinetic profiles reveal a transient phase at the pellet start due to a slower density build up compared to the temperature decrease. The low particle diffusion can explain the confinement behaviour.

Topical Talk P 16.2 Wed 14:25 SPA HS202
Nitrogen migration and retention in ASDEX Upgrade — ●G. MEISL¹, K. SCHMID¹, M. OBERKOFER¹, K. KRIEGER¹, S.W. LISGO², L. AHO-MANTILA³, F. REIMOLD¹, V. ROHDE¹, and ASDEX UPGRADE TEAM¹ — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM-Assoziation, Boltzmannstraße 2, 85748 Garching, Germany — ²ITER Organization, FST, Route de Vinon, CS 90 046, 13067 Saint Paul Lez Durance Cedex, France — ³VTT, FI-02044 VTT

To limit the power load in high-power plasma operation, impurity seeding is mandatory. Nitrogen has been established as optimal choice in ASDEX Upgrade. However, as N is subject to wall pumping, a self-consistent model of the N source flux distribution is required.

N retention in tungsten was studied in laboratory experiments under well-defined exposure conditions. The applicability of the so established model of W-N interaction was tested by experiments in ASDEX Upgrade. W samples were exposed to plasmas with and without N seeding and analyzed by ion beam analysis. Using these data as boundary condition, N transport and re-distribution in the plasma were studied by self-consistent WallDYN-DIVIMP modelling. The dynamic change of the N erosion source at plasma exposed W surfaces was then computed by WallDYN using an improved W-N surface model. First simulations show, in agreement with the experiment, a strong rise of the N re-erosion flux within the first second. By this approach the experimental results from sample analysis, spectroscopy and N pumped by the vacuum system can be interpreted for the first time within a unified self-consistent model.

Topical Talk P 16.3 Wed 14:50 SPA HS202
Non-equidistant Particle-In-Cell for Ion Thruster Plume simulation — ●JULIA DURAS — Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald, D-17489, Germany

The interaction of ion thrusters and satellites is determined by the plume plasmas. Since the mean free paths are such that the probability for collisions relaxing the distribution functions to Maxwellians is quite low, a correct model of the plume plasma has to be kinetic. Unfortunately, the well-established Particle-In-Cell (PIC) method is

only momentum conserving and free of artificial self forces in the case of equidistant meshes. This allows only small domains for the plume due to computational time restrictions. Those simulations suffer from the strong influence of the solution from the boundary conditions at the end of the plume domain.

In the outer plume the densities of electrons and ions decrease by 4-8 magnitudes compared with the thruster channel. This leads to an increasing Debye length, which gives the possibility to enlarge the domain by using a non-equidistant grid. Therefore, momentum and energy conservation in 1D electrostatic PIC codes using non-equidistant grids are studied. A modified two point central difference scheme for non-equidistant grids is suggested, which can be proven analytically and numerically to give the exact solution for the electrical field. In addition a 2D axis-symmetric Poisson solver for non-equidistant grids using the Finite Volume Method is presented.

Topical Talk P 16.4 Wed 15:15 SPA HS202
Algorithm development for safeguarding the Wendelstein 7-X divertor during steady state operation — ●A. RODATOS², M. JAKUBOWSKI², H. GREUNER¹, G. A. WURDEN³, and T. SUNN PEDERSEN¹ — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Boltzmannstraße 2, D-85748 Garching — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Wendelsteinstraße 1, D-17491 Greifswald — ³Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, NM 87544 USA

The divertor of Wendelstein 7X is designed to withstand steady state heat fluxes of 10 MW/m² and 15 MW/m² transiently [1]. However higher local heat fluxes are possible. 10 thermographic infrared (IR) observation systems will be installed to monitor the divertor and its center goal is the detection of overheated areas in real time. Besides an increased plasma heat flux, there are at least two potential causes of an elevated divertor surface temperature. First redeposited eroded material forming surface layers with a poor thermal connection to the underlying water-cooled tiles [2]. Second, delaminated CFC tiles will exhibit an elevated surface temperature relative to properly bonded tiles. Using the measured characteristic time scales for the thermal response, gained from experiments at GLADIS[3], we have concluded that it is possible to distinguish between healthy, delaminated, surface-coated and delaminated surface-coated tiles.

[1] H. Greuner, et al., Fusion Technology Vol. 1 (1998) 249

[2] A. Herrmann, et al., Phys. Scr. T128 (2007) 234

[3] H. Greuner, et al., J. Nucl. Mater. 367-370 (2007) 1444

Topical Talk P 16.5 Wed 15:40 SPA HS202
Recent progress in studying the dynamics of finite 3D dust clouds — ●ANDRÉ SCHELLA, MATTHIAS MULSOW, and ANDRÉ MELZER — Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, 17489 Greifswald, Germany

Dusty plasmas had become a versatile model system to study diverse physical concepts at the kinetic level since individual particles can be traced by means of video microscopy. One decade ago, Arp et al. conducted groundbreaking experiments with a finite number of harmonically trapped dust particles in a plasma. Due to their mutual particle-particle interaction and their shell-like structures, these 3D dust clouds are termed Yukawa balls. In these finite ensembles volume effects and boundary related effects are always competing, making a quantitative physical description a challenging task.

In my contribution, I will focus onto recent progress in studying the dynamics of finite dust clouds. Here, laser heating is a generic approach drive these systems to the fluid state. During the last years, not only the associated phase transition, but moreover statistical properties of dust clouds were explored. There, a close relationship between transport and disorder even in finite ensembles was demonstrated. Furthermore, I will emphasize the role of dust clusters in studying the recrystallization process of finite matter by means of experiments.

P 17: Poster Session - Helmholtz Graduate School for Plasma Physics

Time: Wednesday 16:30–18:30

Location: SPA Foyer

P 17.1 Wed 16:30 SPA Foyer

Acceleration of test particles in imbalanced magnetohydrodynamic turbulence — ●MARTIN S. WEIDL^{1,2}, BOGDAN TEACA^{2,3,4}, and FRANK JENKO^{1,2} — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM-Assoziation, Boltzmannstraße 2, 85748 Garching, Germany — ²Max-Planck/Princeton Center for Plasma Physics — ³Applied Mathematics Research Centre, Coventry University, Coventry CV1 5FB, United Kingdom — ⁴Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung, Max-Planck-Straße 2, 37191 Katlenburg-Lindau, Germany

The spatial structure and the strength of the turbulent electric field in a plasma are strongly affected by cross-helicity, a quantity which measures the level of alignment of the velocity and the magnetic field. Although often neglected in numerical magnetohydrodynamic (MHD) simulations, cross-helicity can reach significant values in many astrophysical plasmas, such as the solar wind.

We study the transport and acceleration properties of charged particles in plasmas with non-zero cross-helicity, or imbalanced turbulence, by performing test particle simulations in parallel with three-dimensional MHD simulations. The cross-helicity level of the MHD steady-state is controlled by using a correlated forcing scheme for velocity and magnetic fields. We discuss the decrease of the turbulent heating rate in systems with non-zero cross-helicity and compare its scaling with theoretical predictions. Our results are expected to be relevant for any plasma in which turbulent heating is important, for example the heating of dust particles in the interstellar medium.

P 17.2 Wed 16:30 SPA Foyer

The role of collisions in 2D gyrokinetic turbulence: the freely decaying electrostatic case — ●SILVIO SERGIO CERRI, ALEJANDRO BANON NAVARRO, HAUKE DOERK, DANIEL TOLD, and FRANK JENKO — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM-Assoziation, Boltzmannstraße 2, D-85748 Garching.

Turbulence in weakly collisional magnetized plasmas is one of the most fascinating and challenging topics, both for astrophysical and laboratory plasmas. In this context, collisional gyrokinetic theory plays an important role.

We present a study of freely-decaying 2D electrostatic turbulence on the sub-ion Larmor scale by means of numerical simulations with the gyrokinetic code GENE [1]. The effect of the collisionality regime on the turbulent spectra is here systematically investigated. In the low collisionality regime, we show an excellent agreement with the existing analytical theory [2,3] and previous numerical investigations [4–6]. However, we find deviations from the theory for increasing collision frequency. In this intermediate collisionality regime, non-universal power laws due to multiscale dissipation arise.

[1] GENE webpage: <http://www.ipp.mpg.de/~fsj/gene/>

[2] Schekochihin et al., *Plasma Phys. Control. Fusion* **50**, 124024 (2008)

[3] Plunk et al., *J. Fluid Mech.* **664**, 407 (2010)

[4] Tatsuno et al., *Phys. Rev. Lett.* **103**, 015003 (2009)

[5] Tatsuno et al., *J. Plasma Fusion Res.* **9**, 509 (2010)

[6] Tatsuno et al., *Phys. Plasmas* **19**, 122305 (2012)

P 17.3 Wed 16:30 SPA Foyer

Exploration of radiation cooling for startup plasmas at Wendelstein 7-X with EMC3-EIRENE simulations — ●FLORIAN EFFENBERG¹, YÜHE FENG², SERGEY BOZHENKOV², HEINKE FRERICHS¹, HAUKE HÖLBE², DETLEV REITER¹, OLIVER SCHMITZ¹, and THOMAS SUNN PEDERSEN² — ¹Institute of Energy and Climate Research - Plasma Physics, Forschungszentrum Jülich GmbH, Association EURATOM-FZJ, Partner in the Trilateral Euregio Cluster, 52425 Jülich, Germany — ²Max-Planck-Institute for Plasma Physics, Association EURATOM-IPP, 17491 Greifswald, Germany

The stellarator Wendelstein 7-X will use a limiter configuration in the first plasma operation phase. In this field configuration the edge does not include magnetic islands and the scrape-off layer is defined by five poloidal graphite limiters at the toroidal symmetry planes. Exploring options to reduce the heat flux to these components is important for optimization of the performance and duration of these first plasmas.

The 3D plasma transport Monte-Carlo code EMC3-EIRENE is based on a fluid model for electrons and ions, on a kinetic model for

neutral particles, and a simplified fluid approach for impurity ions. For startup plasmas with heating power up to 5 MW, plasma transport simulations are performed taking impurities due to carbon sputtering from the limiters into account. The reduction of heat load to plasma facing components by radiative cooling is investigated with respect to intrinsic carbon and active injected nitrogen.

P 17.4 Wed 16:30 SPA Foyer

Reconstruction of q-profiles using Monte-Carlo-technique — ●ALEXANDER BOCK¹, JÖRG STÖBER¹, RAINER FISCHER¹, PATRICK MC CARTHY², MATTHIAS REICH¹, and ASDEX UPGRADE TEAM¹ — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Boltzmannstr. 2, 85748 Garching, Deutschland — ²Department of Physics, University College Cork, Cork, Ireland

The helicity of magnetic field lines is an important property of equilibrium states of magnetically confined plasmas. It can be expressed through so-called q-profiles and has decisive influence not only on transport of heat and particles in the plasma, but also on its stability.

Typically magnetic equilibria are being calculated through iterative techniques where the solutions of the Grad-Shafranov-equation are being varied until the result is in sufficient agreement with the experimentally measured quantities. Aside from physical data, other less physical aspects like the choice of basis functions play a role which can make these techniques biased. Sampling possible equilibria using Monte-Carlo-simulations can yield more unbiased results.

This poster gives an overview over the basics of equilibrium reconstruction, describes a new reconstruction technique for q-profiles/equilibria based in Monte-Carlo-simulations and compares it with previous results.

P 17.5 Wed 16:30 SPA Foyer

Preconditioning for Eigenvalue Computations in Gene — ●JUERGEN BRAECKLE and THOMAS HUCKLE — TU Muenchen, Fakultät fuer Informatik, Boltzmannstraße 3, D-85748 Garching

In the Plasma Turbulence Code Gene, turbulences are examined by finding the rightmost eigenvalues of the linear gyrokinetic operator. Finding these inner eigenvalues with the Jacobi-Davidson method requires an iterated solving of shifted linear systems $(I - uu^*)(A - \lambda_k I)(I - uu^*)x_k = b_k$ (restricted to the subspace orthogonal to u) with a non-hermitian matrix A given as an implicit operator and changing eigenvalue approximations λ_k of A . With λ_k being a good approximation of an eigenvalue, $(A - \lambda_k I)$ gets almost singular, and therefore this system has to be modified with a preconditioner $(I - uu^*)M(I - uu^*)$. Besides a good preconditioning quality ($M \approx (A - \lambda_k I)^{-1}$), we are interested in high scalability, a preconditioner applicable on implicit systems and with cheap updating capabilities for a sequence of different shifted matrices. With respect to these properties, we try to solve this problem using the SPAI method and polynomial preconditioners.

P 17.6 Wed 16:30 SPA Foyer

Upgrade of the Edge Charge Exchange System at the ASDEX Upgrade tokamak — ●MARCO CAVEDON, THOMAS PUETTERICH, ELEONORA VIEZZER, and ASDEX UPGRADE TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM-Assoziation, Boltzmannstraße 2, D-85748 Garching

The edge charge exchange recombination spectroscopy (CXRS) system at ASDEX Upgrade has been upgraded. Time and spatial resolution have been increased in order to study fast phenomena. First measurements of ion temperature, rotational velocity and impurity density with the new system are presented.

Three new optical heads have been installed looking toroidally at the plasma edge increasing the total line of sights (LOSs) from 8 to 33. Moreover, the existing poloidal head has been refurbished with 22 LOSs instead of 8. The radial coverage is 5 times wider than the pedestal region while the radial resolution is below one fourth of it. The upgrade of both systems allows detailed profiles to be measured at each timepoint and therefore to study fast transient events.

A new lens-based Czerny-Turner like spectrometer ($f = 2.8$) has been designed. Making use of an interference filter, it is now possible to arrange more spectra in a limited area of the CCD camera chip. This allows to run up to 9 channels at $25 \mu\text{s}$ ($= 40 \text{ kHz}$) exposure time (standard resolution: 2.3 ms). However, the actual time resolution is

limited by the signal intensity. External impurity seeding is planned to be used in order to reach the best compromise between signal to noise ratio and measurements speed.

P 17.7 Wed 16:30 SPA Foyer

Towards non-linear simulations of full ELM crashes in ASDEX Upgrade — ●ALEXANDER LESSIG, MATTHIAS HOELZL, KARL LACKNER, and SIBYLLE GUENTER — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, Boltzmannstrasse 2, 85748 Garching, Germany

Edge localized modes (ELMs) of large size are a severe concern for the operation of ITER due to the large transient heat loads on divertor targets and wall structures. Using the non-linear MHD code JOREK, we have performed first simulations of full ELM crashes in ASDEX Upgrade, taking into account a large number of toroidal Fourier harmonics. The evolution of the toroidal Fourier spectrum and the drop of pedestal gradients are studied. In particular, we confirm a previously introduced quadratic mode coupling model for the early non-linear evolution of the mode structure and present first results concerning the evolution in the fully non-linear phase.

Eventually, we aim to identify different ELM types in our simulations as observed in experiments and to compare the results to experimental observations, e.g., regarding the pedestal evolution and the heat deposition patterns. Work is ongoing to increase poloidal resolution and include diamagnetic stabilization of high mode numbers.

P 17.8 Wed 16:30 SPA Foyer

Numerical Methods for 3D Tokamak Simulations using a Flux-Surface independent Grid — ●ANDREAS STEGMEIR — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM-Assoziation, Boltzmannstraße 2, 85748 Garching, Germany

A numerical approach for 3D Tokamak simulations using a flux surface independent grid is presented. The grid consists of few poloidal planes with a Cartesian Isotropic grid within each poloidal plane. Perpendicular operators can be discretised within a poloidal plane using standard second order finite difference methods. The discretisation of parallel operators is achieved with a field line following map and an interpolation. The application of the support operator method to the parallel diffusion operator conserves the self-adjointness of the operator on the discrete level and keeps the numerical decay rate at a low level. The developed numerical methods can be applied to geometries where an X-point is present.

P 17.9 Wed 16:30 SPA Foyer

First Turbulence Measurements using Poloidal Correlation Reflectometry at AUG — ●DMITRII PRISIAZHNIK¹, ANDREAS KRAMER-FLECKEN², GARRARD CONWAY¹, and ULRICH STROTH¹ — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Boltzmannstraße 2, 85748 Garching, Germany — ²Institut für Energieforschung - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich, Association EURATOM-FZJ, 52425 Jülich, Germany

The new poloidal correlation reflectometer (PCR) system (previously used on TEXTOR) has been installed on AUG. The system consist of two Ka-band and one U-band reflectometer. The waveguides connecting the reflectometers with the antennas array are allow the operation of reflectometers in O-mode and X-mode polarization. The transmitting antenna is surrounded by 4 receiving antennas all having square geometry to allow poloidal and toroidal correlation measurements. With the 2nd Ka-band reflectometer the investigation of radial correlation is possible.

The main parameters measured by the system are perpendicular rotation velocity and inclination of turbulence eddies relative to the toroidal direction. Furthermore turbulence properties such as poloidal correlation length, radial correlation length and turbulence decorrelation time can be accessed. These are important quantities for plasma edge studies and are currently not available at AUG. First measurements from the commissioning phase will be presented at this conference.

P 17.10 Wed 16:30 SPA Foyer

Poloidal asymmetries of heavy impurities in the ASDEX Upgrade plasma — ●TOMAS ODSTRCIL¹, THOMAS PUETTERICH¹, ANJA GUDE¹, RALPH DUX¹, DIDIER MAZON², and ASDEX UPGRADE TEAM¹ — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Boltzmannstraße 2, 85748 Garching, Germany — ²CEA, IRFM F-13108 Saint Paullez-Durance, France

For heavy and highly charged impurities multiple mechanisms exist that produce non-constant impurities densities on the flux surfaces. As for neoclassical and turbulent transport models such an asymmetric is highly importance an effort is launched to experimentally characterize the asymmetries comparing them with theoretical expectations.

In the ASDEX Upgrade tokamak (AUG) is routinely observed increase of outboard tungsten density in fast rotating plasma. This asymmetry is caused by the centrifugal force pushing tungsten ions outward due to its high mass. Furthermore, the high charge makes heavy impurities sensitive to poloidal variations of the plasma potential. The variation can be generated by magnetic trapped ions heated by RF heating. In such a case, the presence of an inboard asymmetry or at least the absence of an outboard asymmetry due to the centrifugal force can be observed. Finally, ion-impurity friction enhanced by the large charge of the impurity ions may cause a relatively weak up-down asymmetry of the impurity density.

The aim of this poster is to show first evidence of these asymmetries in the AUG plasmas, the description of the used methodology, and to compare with theoretical models based on the parallel force balance.

P 17.11 Wed 16:30 SPA Foyer

Experimental study of the radial structure of turbulence with a ultra-fast sweeping reflectometer in ASDEX Upgrade — ●ANNA MEDVEDEVA^{1,2,3,4}, CHRISTINE BOTTEREAU³, FREDERIC CLAIRET³, GARRARD CONWAY¹, STEPHANE HEURAU², DIEGO MOLINA³, and ULRICH STROTH^{1,4} — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Boltzmannstraße 2, D-85748 Garching — ²Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives, 13108 Saint Paul Lez Durance — ³Universite de Lorraine, 34 cours Leopold, 54000 Nancy — ⁴Technische Universität München, James-Frank-Straße 1, D-85748 Garching

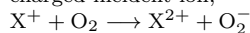
Confinement of fusion plasmas is restricted by anomalous transport where micro-turbulence is suspected to play a major role. Experimental documentation of this turbulence, its dependence on the plasma temperature, density, current will provide insights in the nature of this turbulence and the driving parameters. In this work advantage is taken of the ultra-fast sweep capabilities of the V & W band (50-110 GHz) reflectometers, developed by CEA, to record fast plasma turbulent events on ASDEX Upgrade. The X-mode polarization will provide a rather large radial access to the plasma from the very edge to, under certain conditions, the center. The scope of the work is to exploit the specific strengths of the diagnostic in order to study the radial spectra of fluctuations, radial turbulence spreading and the fast dynamic profile evolution after confinement transitions or changes in the discharge control parameters. First experimental data obtained during the ASDEX Upgrade campaign 2014 will be presented.

P 17.12 Wed 16:30 SPA Foyer

Negative ion formation in Ion-Molecule collisions — ●ANGELIN EBANEZAR JOHN and RAINER HIPPLER — Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, 17489 Greifswald

Positively charged H⁺, H₂⁺, He⁺, and Ar⁺ ions, with impact energies of 50 – 350 keV, were employed to bombard O₂ and SF₆ molecules. The collision cross sections of positive and negative ionic fragments were determined and their dependence on impact energy will be presented. Besides positively charged ion fragments, negatively charged secondary ions are an important contribution for various applications especially in atmospheric chemistry and plasma physics.

One of the exciting observation is superoxide anion O₂⁻ belong to the reactive oxygen species(ROS). We propose formation of superoxide anion to proceed via a charge-transfer reaction with the positively charged incident ion,



where an electron transferred to the oxygen molecule originates from the incident ion, (X=H₂⁺ or He⁺ or Ar⁺) having atleast one electron for the reaction. Measured cross sections for O₂⁻ formation are about 2 orders of magnitude smaller compared to O₂⁺ formation, which is attributed to the larger energy transfer required.

P 17.13 Wed 16:30 SPA Foyer

Electromagnetic simulations of tokamaks and stellarators — ●MICHAEL COLE and ALEXEY MISHCHENKO — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM-Assoziation, Wendelsteinstraße 1, 17491 Greifswald, Germany

A practical fusion reactor will require a plasma β of around 5%. In this range Alfvénic effects become important. Since a practical reac-

tor will also produce energetic alpha particles, the interaction between Alfvénic instabilities and fast ions is of particular interest. We have developed a fluid electron, kinetic ion hybrid model that can be used to study this problem. Compared to fully gyrokinetic electromagnetic codes, hybrid codes offer faster running times and greater flexibility, at the cost of reduced completeness.

The model has been successfully verified against the worldwide ITPA Toroidal Alfvén Eigenmode (TAE) benchmark, and the ideal MHD code CKA for the internal kink mode in a tokamak. Use of the model can now be turned toward cases of practical relevance. Current work focuses on simulating fishbones in a tokamak geometry, which may be of relevance to ITER, and producing the first non-perturbative self-consistent simulations of TAE in a stellarator, which may be of relevance both to Wendelstein 7-X and any future stellarator reactor. Preliminary results of these studies will be presented.

P 17.14 Wed 16:30 SPA Foyer

Numerical studies for the nuclear fusion reactor Wendelstein 7-X — ●HAUKE HÖLBE — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM-Assoziation, Wendelsteinstraße 1, D-17491 Greifswald

The nuclear fusion experiment Wendelstein 7-X is currently under construction in Greifswald, Germany. After completion in 2014, the experiment will be the largest and most advanced stellarator ever built. The cryostat hosting the superconducting coils and the vacuum vessel has a diameter of 16 meters and a height of 5 meters, and the magnetic field will be 2.5 T on axis.

Wendelstein 7-X is designed to prove simultaneous high density, high temperature, steady-state plasma operation. The first plasma is planned for 2015. After first tests the plasma pulse time will be gradually increased up to 30 minutes from 2019 on.

The core plasma temperature in this device will be over 100 million degree. Therefore, contact with the plasma facing components must be done carefully. One challenge in this connection is that the plasma shape will change during operation due to internal plasma currents generated by the plasma itself. Using state-of-the-art codes, we are investigating and developing operational scenarios for the first, relatively short plasma pulses, that allow us to address important issues for the later steady-state operation.

P 17.15 Wed 16:30 SPA Foyer

Experimental investigations on the dust density distribution inspatially extended dust clouds — ●CARSTEN KILLER, MICHAEL HIMPEL, and ANDRÉ MELZER — Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, 17489 Greifswald

Large dust clouds confined in the discharge volume of low temperature rf plasmas often feature interesting phenomena such as a central void and the propagation of self-excited dust density waves. Most experimental diagnostics in the field of dusty plasmas focus either on 2-dimensional slices of the dust system (using laser sheets) or on small 3-dimensional observation volumes. Due to the limitations of these methods it is therefore difficult to measure global properties of the dust cloud.

In this contribution, a novel approach towards the reconstruction of the dust density distribution is presented. A two-dimensional projection of the dust cloud can be obtained by measuring the light extinction of a homogeneously illuminated cloud, effectively observing the dust clouds shadow. Assuming cylindrical symmetry, the radial dust density profile can be derived via Abel inversion. This method is especially suited to investigate the three-dimensional character of the void and dust density waves. It is furthermore possible to compare the radial dust density distribution to the plasma glow structure, which can also be reconstructed by Abel inversion. Hence, the influence of the dust presence and dust dynamics on the plasma glow can be investigated.

P 17.16 Wed 16:30 SPA Foyer

Selective fluid mode excitation in finite 3D Yukawa-balls — ●MATTHIAS MULSOW, ANDRÉ SCHELLA, and ANDRÉ MELZER — Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Felix-Hausdorff-Straße, 6, D-17487 Greifswald

In low-temperature plasmas micrometer-sized particles are able to form highly ordered structures. Using a harmonic three-dimensional trapping potential strongly coupled finite systems can be created, the Yukawa-balls. An established model to describe the dynamic properties of these finite crystal-like structures are normal modes. Here the possible oscillations of all individual particles are composed to describe the collective motion.

In opposite to this, Kählert and Bonitz recently proposed [1,2] to

consider the cluster as a uniform cold fluid droplet, neglecting the movement of single particles. The collective motions are then interpreted as superpositions of orthonormal fluid modes.

In our experiments, we utilize a special cuvette with conducting corners to manipulate the cluster using electrical fields in a uniform way that copes perfectly with the fluid mode approach. Thus, on the one hand theoretical predictions concerning mode resonance can be tested while on the other hands new scenarios to manipulate three dimensional Yukawa-balls can be developed in order to gain new insights on their dynamic properties.

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

[2] H. Kählert and M. Bonitz, Phys. Rev. E 83, 056401 (2011)

P 17.17 Wed 16:30 SPA Foyer

Possibility of a Kondo resonance at the wall recombination of positive ions — ●MATHIAS PAMPERIN, FRANZ XAVER BRONOLD, and HÖLGER FEHSKE — Institut für Physik, Universität Greifswald, 17489 Greifswald, Germany

Wall recombination of positively charged ions is one of the main surface-based loss processes for positive ions in a low-temperature gas discharge. Together with volume-based charge production and destruction processes it controls the overall charge balance of the discharge. Depending on the electronic structure of the ion and the wall an ion may recombine either via Auger neutralization or via resonant charge transfer. Both processes are of fundamental interest. The time-dependent ion-surface system represents a quantum-impurity system supporting—under appropriate conditions—a Kondo resonance which is one of the paradigms in the physics of highly correlated electrons and should also affect the wall recombination. Indeed He and Yarmoff [1] interpreted the anomalous temperature dependence of the neutralization of Sr^+ ions at a Au surface in terms of a Kondo resonance. To support this claim we calculated within an Anderson-Newns model the temperature dependence of this particular atom-surface collision using quantum-kinetic equations and a pseudo-particle representation for the electronic configurations of the ion. We found that a Kondo resonance indeed shows up and affects the neutralization rate. To gain further insight we also studied the neutralization of Mg^+ or Ga^+ ions at a Au surface where the Kondo effect is not expected.

[1] X. He and J. A. Yarmoff, Phys. Rev. Lett. **105**, 176806 (2010).

P 17.18 Wed 16:30 SPA Foyer

Time-resolved measurements of cluster mass distribution in a pulsed gas aggregation system — ●STEFFEN DRACHE, FLORIAN BERG, VITEZSLAV STRAÑÁK, MARINA GANEVA, HARM WULFF, and RAINER HIPPLER — Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt Universität, Felix-Hausdorff-Straße 6, D-17487 Greifswald

Owing to their large surface to volume ratio, nano-size particles (clusters) exhibit unique physical and chemical properties. These particles of a few nm size can find application in, e.g. micro electronics, chemical catalysts, or quantum dots. In our experiment Cu cluster particles were synthesized in a gas aggregation nanocluster source. In contrast to the conventional constant gas flow the buffer gas was delivered in pulses. The aim was to alter the clusters mass distribution by means of a time dependent pressure in the aggregation region. For time-resolved analysis a labview-controlled quadrupole mass filter (QMF) was installed and the pressure in the cluster source was also monitored. As a first result, cluster current and mass quickly respond to pressure changes. Since the QMF mass range is limited, deposited clusters were also examined by atomic force microscopy (AFM). Results show a broadened mass distribution compared to the unpulsed experiment. Finally, clusters were co-deposited during reactive Ti magnetron sputtering in an Ar/O₂ atmosphere to study nanoparticles embedded in a TiO₂ matrix. GIXD and XPS reveal that clusters become x-ray amorphous and oxidized in the confining TiO₂ matrix.

P 17.19 Wed 16:30 SPA Foyer

Stellarator-specific developments for the systems code PRO-CESS — ●F. WARMER¹, P. KNIGHT², C.D. BEIDLER¹, A. DINKLAGE¹, Y. FENG¹, J. GEIGER¹, F. SCHAUER¹, Y. TURKIN¹, D. WARD², R. WOLF¹, and P. XANTHOPOULOS¹ — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Wendelsteinstraße 1, D-17491 Greifswald, Germany — ²Culham Centre for Fusion Energy, Abingdon, Oxfordshire, OX14 3DB, United Kingdom

The code package PROCESS is a tool widely used for Tokamak systems studies. In this study, however, the application of PROCESS to Stellarators is addressed. In order to incorporate a Stellarator module in the systems code PROCESS, Stellarator-specific models are con-

sidered which reflect the differences due to the confinement concept. These include: a geometry model based on Fourier coefficients which can represent the complex 3-D plasma shape, a divertor model which assumes diffusive cross-field transport and high radiation at the X-point, a coil model which is a scaling based on the Helias 5-B design and a transport model which employs a confinement time scaling derived from empirical scalings and by sophisticated 1-D neoclassical and anomalous calculations. This approach is investigated to ultimately allow one to facilitate a direct comparison between Tokamak and Stellarator power plant designs.

P 17.20 Wed 16:30 SPA Foyer

Einfluss von Alfvén Eigenmoden und Ionenzyklotronheizung auf die schnelle Ionen-Verteilung im Tokamak ASDEX Upgrade — ●MARKUS WEILAND, BENEDIKT GEIGER, ROBERTO BILATO, PHILIP SCHNEIDER, GIOVANNI TARDINI, PHILIPP LAUBER, FRANÇOIS RYTER, MIRJAM SCHNELLER und ASDEX UPGRADE TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Garching

Schnelle, supra-thermische Ionen werden im Tokamak ASDEX Upgrade durch Neutralteilcheninjektion und Ionenzyklotronheizung (ICRF) erzeugt und werden für Plasmaheizung und Stromtrieb benötigt. Eine Möglichkeit, sie zu untersuchen, ist die spektroskopische Beobachtung von Linienstrahlung (Fast-ion D-alpha, kurz: FIDA), die durch Ladungsaustausch entsteht. Die schnellen Ionen können hier durch ihre starke Dopplerverschiebung von den thermischen Teilchen unterschieden werden, und so deren radiales Dichteprofil gemessen werden.

Durch die Analyse des gesamten Dopplerspektrums können Informationen über Bereiche der 2D-Geschwindigkeitsverteilung $f(v_{\parallel}, v_{\perp})$ gewonnen werden. Die Beobachtung aus verschiedenen Blickrichtungen erlaubt dann eine tomografische Entfaltung von $f(v_{\parallel}, v_{\perp})$. Dazu wurde die FIDA Diagnostik an ASDEX Upgrade von zwei auf fünf Blickrichtungen ausgebaut, sowie zur simultanen Beobachtung des rot- und blauverschobenen Teils des Dopplerspektrums erweitert. Diese neu entwickelten Diagnostikverfahren erlauben die Beobachtung von Veränderungen im Geschwindigkeitsraum, die von Alfvén Eigenmoden ausgelöst werden. Ferner wird die weitere Beschleunigung von schnellen Ionen durch ICRF-Absorption der zweiten Harmonischen untersucht.

P 17.21 Wed 16:30 SPA Foyer

Investigation of mass selected poly-anionic clusters by laser excitation and photoelectron spectroscopy —

●MADLEN MÜLLER¹, GERRIT MARX¹, PATRICE OELSSNER², JOSEF TIGGESBÄUMKER², ROBERT WOLF³, KARL-HEINZ MEIWES-BROER², and LUTZ SCHWEIKHARD¹ — ¹Ernst-Moritz-Arndt-Universität, Greifswald, Germany — ²Universität Rostock, Germany — ³Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg, Germany

The physics of atomic clusters is an important field of research because it bridges the domains of atomic and solid state physics. Photo-interaction experiments provide insights into the electronic structure of atomic clusters. We plan to perform photoelectron-spectroscopy experiments on poly-anionic metal clusters as model systems for electron-correlation phenomena. A magnetic-bottle time-of-flight electron spectrometer will be used to determine their electron affinity and electronic structure. In addition, the Coulomb barriers of these multiply charged cluster anions will be probed by varying the wavelength of the photo-detachment laser. The selection of the clusters of interest (with respect to element, size and charge state) will be realized by the use of a Paul trap. Moreover, higher charge-state clusters will be realized by sequential electron attachment in the trap. We present test measurements on fullerene mono- and di-anions with ultraviolet nanosecond laser pulses. In the future, measurements will be extended to poly-anionic metal clusters. The project is part of the Collaborative Research Center (SFB) 652.

P 17.22 Wed 16:30 SPA Foyer

Modelling the effect of resonant magnetic perturbations in ASDEX Upgrade with the extended MHD code XTOR-2F — ●JOHANNES GRIESSHAMMER — Max Planck Institut für Plasmaphysik Boltzmannstraße 2, 85748 Garching bei München

Resonant magnetic perturbations (RMPs) are used in medium sized tokamaks like ASDEX Upgrade or DIII-D for the mitigation of edge localized modes (ELMs), which allows reduction of the maximum head load power on the divertor plates. The poloidal mode number spectrum of the applied RMPs is wide and penetration into the plasma of the RMP at resonant magnetic surfaces is complex due to non-ideal MHD plasma dynamics and geometry. The fully toroidal extended MHD code XTOR-2F is used to study RMP penetration, the effect of RMPs on confinement deteriorating tearing modes (TMs) and plasma rotation. Apart from RMP amplitude and mode spectrum also the influence of different plasma equilibria and plasma fluid models are (to be) studied.

P 18: Poster Session - Plasma Technology

Time: Wednesday 16:30–18:30

Location: SPA Foyer

P 18.1 Wed 16:30 SPA Foyer

Dissoziation von CO₂ in einem Mikrowellenplasmabrenner — ●MARTINA LEINS¹, JOCHEN KOPECKI¹, WALDO BONGERS², ADELBERT GOEDE², MARTIJN GRASWINCKEL², ANDREAS SCHULZ¹, MATTHIAS WALKER¹, THOMAS HIRTH¹ und RICHARD VAN DE SANDEN² — ¹Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie, Universität Stuttgart, Deutschland — ²Dutch Institute for Fundamental Energy Research, Nieuwegein, The Netherlands

Die Speicherung von elektrischer Energie aus erneuerbaren Energien stellt eine der größten Herausforderungen der derzeitigen Energiewende dar. Ein Lösungsansatz könnte die Umwandlung der überschüssigen elektrischen Energie aus Photovoltaik- und Windenergie-Anlagen in chemische Energie bieten. Mit dieser überschüssigen elektrischen Energie kann CO₂ zu CO und O₂ dissoziiert werden und in einem weiteren Schritt in Synthesegas (CO mit H₂) oder Methan umgewandelt und im bereits bestehenden Gasnetz gespeichert werden. Weiter stellt CO eine Plattformchemikalie für die Herstellung petrochemischer Erzeugnisse oder von synthetischen Kraftstoffen dar. Für die CO₂-Dissoziation bieten Mikrowellenplasmaprozesse vielversprechende Lösungsansätze.

Die vorgestellte Arbeit beschäftigt sich mit der Dissoziation von CO₂ in einem Mikrowellenplasmabrenner. Mikrowellen mit einer Frequenz von 915 MHz werden in ein Resonatorsystem eingekoppelt, so dass dort ein Plasma zünden kann. Das erzeugte CO₂-Plasma wird mittels optischer Emissionsspektroskopie charakterisiert. Erste Ergebnisse zur Energie- und Konversionseffizienz von CO₂ zu CO und O₂ durch massenspektrometrische Untersuchungen werden vorgestellt.

P 18.2 Wed 16:30 SPA Foyer

Plasma etch requirements for technological prepara-

tion of sensor components for biochemical analysis — ●HARALD RICHTER¹, DAVID STOLAREK¹, MIRKO FRASCHKE¹, STEFFEN MARSCHMEYER¹, JÜRGEN DREWS¹, LARS ZIMMERMANN^{1,2}, MATTHIAS JÄGER², JÜRGEN BRUNS², and BERND TILLACK^{1,2} — ¹IHP, Im Technologiepark 25, 15236 Frankfurt (Oder) — ²Technische Universität Berlin, HFT4, Einsteinufer 25, 10587 Berlin

For more than ten years, there has been an increasing interest in development of integrated optical sensors based on high sensitivity in biochemical analysis and a relatively simply low-cost production process. The present work is focused on the development of a new sensor device consisting of a microring resonator array coupled to a single bus waveguide producing in a CMOS compatible technological process. Plasma etching is a key process step for realization of optical sensor components (microring resonators, rib waveguides, nanowires, coupling structures, heating structures for thermo-optical modulation). Different hard mask materials for several plasma etch processes were tested and optimized. Experiments have shown the mask opening step is significant for preparation of high-performance silicon sensor modules. For the final preparation step, the residue-free microring opening a combination of plasma etching and wet etching is preferred. Such prepared sensor components were used for multiplexed label-free detection of different biochemical compounds successfully.

P 18.3 Wed 16:30 SPA Foyer

Machbarkeitsstudie zur PECVD von Parylenschichten — ●ERIK V. WAHL¹, MAIK FRÖHLICH² und HOLGER KERSTEN¹ — ¹Institut für Experimentelle und Angewandte Physik der CAU zu Kiel, Deutschland — ²Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V., Greifswald, Deutschland

Parylene repräsentieren eine Gruppe dielektrischer, hydrophober und transparenter Polymere. Die herausragende thermische und chemische Stabilität eröffnet diesen Beschichtungen ein großes Feld von Einsatzmöglichkeiten. Dünnschichten auf medizinischen Geräten, in der Elektronik, der Luft- und Raumfahrt sowie in der Automobilindustrie, aber auch Barrierschichten als Schutz vor Umwelteinflüssen sind bereits weit verbreitet.

Während die chemische Gasphasenabscheidung (CVD) gut verstanden ist und bereits vielfältig angewendet wird, sind plasmagestützte Verfahren (PECVD) zur Herstellung von Parylen kaum erforscht. In dieser Studie wurde deshalb die Machbarkeit einer PECVD aus dem Precursor Parylen C untersucht. Dazu wurde der Precursor verdampft und mit dem Trägergas Argon direkt in eine asymmetrische RF-Entladung gebracht. Während der Precursor üblicherweise durch Hitze zum hochreaktiven Monomer aufgespalten wird, initiierten im Plasma die "heißen" Elektronen die chemischen Reaktionen.

Die deponierten Polymerschichten wurden mittels Profildickenmessung charakterisiert und das Prozessplasma mithilfe von in-situ Beobachtungen wie dem Verlauf der Biasspannung, der Phase zwischen Strom und Spannung sowie Emissionsspektroskopie untersucht.

P 18.4 Wed 16:30 SPA Foyer
Großflächige Hochratesabscheidung von Kratzschuttschichten auf Polycarbonat mittels Mikrowellen-PECVD — ●STEFAN

MERLI¹, ANDREAS SCHULZ¹, MATTHIAS WALKER¹, ULRICH STROTH² und THOMAS HIRTH¹ — ¹Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie, Universität Stuttgart — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Garching

Die plasmagestützte Gasphasenabscheidung (PECVD) von Schutzschichten auf Kunststoffen, wie z. B. Polycarbonat (PC), gewinnt in der Industrie als Ersatz von Lackierungen immer mehr an Bedeutung. Für Anwendungen im Automobil- oder Architekturbereich muss der Prozess jedoch den Forderungen nach Schichtabscheidung mit hoher Rate und Skalierbarkeit auf einige m² genügen.

Es wird daher ein skalierbarer Mikrowellen-PECVD-Prozess zur Abscheidung von SiO_x-basierten Kratzschuttschichten auf PC untersucht. Der Prozess wurde zunächst auf kleiner Fläche (10 × 15 cm²) erforscht. Die Duo-Plasmaline diente als Plasmaquelle und Hexamethyldisiloxan (HMDSO) und O₂ als Ausgangsstoffe für die Schichtabscheidung. Abscheideraten von 100 μm/min wurden erreicht und die Schichten wurden mittels FTIR-Spektroskopie und XPS charakterisiert. Es konnten Schichten mit hoher optischer Qualität, guter Haftung sowie hohem Abriebwiderstand hergestellt werden. In einem zweiten Schritt wurde die Aufskalierung mit einer dynamischen In-Line Beschichtungsanlage auf einer Substratfläche von 50 × 100 cm² realisiert. Die dynamischen Abscheideraten betragen bis zu 3 μm · m/min. Die Ergebnisse beider Beschichtungssysteme werden gegenübergestellt.

P 19: Poster Session - Low Temperature Plasmas

Time: Wednesday 16:30–18:30

Location: SPA Foyer

P 19.1 Wed 16:30 SPA Foyer
Ion dynamics during magnetic reconnection — ●KIAN RAHBARNIA¹, OLAF GRULKE¹, and THOMAS KLINGER^{1,2} — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Greifswald — ²Ernst Moritz Arndt-Universität Greifswald

Magnetic reconnection is suggested to play an important role in plasma heating by conversion of magnetic field energy into kinetic particle energy. In this context the electrons in the forming current sheet gain energy by Ohmic heating, while the ions are thought to be heated mainly inside the reconnection outflow in the downstream regions. The detailed mechanism of converting magnetic field energy into particle heating remains a field of intense research.

In the linear magnetic reconnection experiment VINETA II two axial wires parallel to a uniform magnetic guide field create a figure-eight in-plane magnetic field with a X-line along the central axis. The characterization of the perpendicular ion movement is done via Mach probes and Laser induced fluorescence measurements. Effects of the ratio of guide field to in-plane field on ion heating processes are studied.

P 19.2 Wed 16:30 SPA Foyer
Zur Energiebilanz der Elektronen in einer dielektrisch behinderten Argonentladung bei Atmosphärendruck — ●MARKUS M. BECKER und DETLEF LOFFHAGEN — INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald

Experimentelle und theoretische Untersuchungen dielektrisch behinderter Einzelfilamententladungen in Argon bei Atmosphärendruck haben gezeigt, dass in Abhängigkeit von der Spannungsamplitude Schichtstrukturen auftreten können, die durch Memory-Effekte im Entladungsvolumen verursacht werden [1, 2]. Der Übergang von einer herkömmlichen Mikroentladung zu einer Entladung mit geschichtetem Entladungskanal wurde bei einer sinusförmigen angelegten Spannung mit 60 kHz bei einer Amplitude von etwa 2 kV beobachtet. Zur Vertiefung des Verständnisses dieses Übergangs wird in diesem Beitrag der Einfluss der Spannungsamplitude auf den Energiehaushalt der Elektronen mit Hilfe eines etablierten zeitabhängigen, räumlich-eindimensionalen Fluid-Modells untersucht und diskutiert. Es zeigt sich, dass neben dem Energieverlust in anregenden und ionisierenden Elektronenstoßprozessen auch elastische Elektronenstöße eine wesentliche Rolle für die Energiebilanz der Elektronen spielen und bei Erhöhung der Spannungsamplitude der Energieverlust durch anregende Elektronenstoßprozesse abnimmt.

Diese Arbeit wurde durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft im Rahmen des SFB TRR 24 unterstützt.

[1] T. Hoder et al. *Phys. Rev. E* **84** (2011) 46404

[2] M. M. Becker et al. *J. Phys. D: Appl. Phys.* **46** (2013) 355203

P 19.3 Wed 16:30 SPA Foyer
Einfluss der Pulslänge auf gepulste N₂-O₂-Barrierentladungen — ●MARKUS M. BECKER, HANS HÖFT, RONNY BRANDENBURG, MANFRED KETTLITZ und DETLEF LOFFHAGEN — INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald

Experimentelle Untersuchungen an gepulsten Barrierentladungen in Stickstoff mit geringer Sauerstoffbeimischung bei Atmosphärendruck haben gezeigt, dass das Durchbruchverhalten der an der fallenden Spannungsflanke stattfindenden Mikroentladungen wesentlich von der Pulslänge abhängig ist, sofern diese kleiner als etwa 20 μs ist [1]. Für ein Gasgemisch von 0,2 Vol.-% Sauerstoff in Stickstoff und Pulslängen von 5–50 μs wird das raumzeitliche Entladungsverhalten untersucht. Dazu wird ein zeitabhängiges, räumlich eindimensionales Modell numerisch gelöst, das neben der Poisson-Gleichung Bilanzgleichungen für 49 Spezies, die Energiebilanzgleichung der Elektronen sowie eine Bilanzgleichung für die Oberflächenladungen beinhaltet. Es wird gezeigt, dass in Übereinstimmung mit experimentellen Beobachtungen der Entladungsstrom an der fallenden Spannungsflanke mit Abnahme der Pulslänge kleiner wird. Die Modellierungsergebnisse legen nahe, dass dieses Verhalten durch die hohe Konzentration von Elektronen und Sauerstoffmolekülen unmittelbar vor dem Neuzünden der Entladung verursacht wird.

Diese Arbeit wurde durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft im Rahmen des SFB TRR 24 unterstützt.

[1] T. Hoder et al. *Phys. Plasmas*. **19** (2012) 070701

P 19.4 Wed 16:30 SPA Foyer
Alternative HF-Einkopplungsmethoden für Quellen negativer Wasserstoffionen für die Neutralteilchenheizung von Fusionsexperimenten — ●STEFAN BRIEFI^{1,2}, PATRICK GUTMANN², JOHANNES DOERFLER² und URSEL FANTZ^{1,2} — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM-Assoziation, Boltzmannstr. 2, 85748 Garching — ²AG Experimentelle Plasmaphysik, Institut für Physik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg

Quellen negativer Wasserstoffionen zur Neutralteilchenheizung an Fusionsexperimenten basieren auf der induktiven Plasmaerzeugung in zylindrischen Gefäßen, den sogenannten Drivern. Von den Drivern ausgehend expandiert das Plasma in Richtung der Konverter- bzw. Extraktionsoberfläche wo die Erzeugung und Extraktion der negativen Ionen stattfindet. Die Untersuchung alternativer HF-Einkopplungsmethoden verspricht einerseits eine Reduktion der benötigten hohen Leistung (bis zu 90 kW pro Driver wobei 8 Driver für die Quelle für ITER vorgesehen sind) und andererseits eine bessere Plasmahomogenität über der großen Konverteroberfläche (1,9 × 0,9 m² bei der Ionenquelle für ITER). Ein effizienter HF-Heizmechanismus ist das Helikon-Prinzip, das auf Wellenheizung in magnetisierten Plasmen basiert. Eine ho-

homogene Plasmaerzeugung kann hingegen durch die Verwendung einer planaren ICP-Spule erreicht werden, die große Teile der Rückplatte der Ionenquelle abdeckt. Grundlegende Betrachtungen der Realisierbarkeit dieser beiden Kopplungskonzepte finden an zwei Laborexperimenten statt, wobei erste Ergebnisse vorgestellt werden.

P 19.5 Wed 16:30 SPA Foyer

Quantum breathing frequency of nanoplasmas — •TOBIAS DORNHEIM, ALEXEY FILINOV, JAN WILLEM ABRAHAM, and MICHAEL BONITZ — ITAP, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Leibnizstraße 15, 24098 Kiel

Spatially confined charged particle systems ("nanoplasmas") are of increasing interest in condensed matter (quantum dots), metal clusters or for the interior of compact stars. The quantum breathing mode (QBM) has been proposed as a possible diagnostics for such systems [1]. We investigate the frequency of the QBM of charged particles in one, two and three dimensional systems for the whole range of coupling strengths and a variety of particle numbers. We present results from ab initio calculations of thermodynamic properties like e.g. energies and densities of up to $N \sim 10^4$ trapped particles, using a GPU accelerated realization of the Worm Algorithm Path Integral Monte Carlo scheme [2]. A recently published improved sum rule formalism [3] allows us to obtain an accurate upper bound for the breathing mode frequency. Finally we compare our results to available data for trapped charged fermions [3] and discuss the influence of Bose- and Fermi-statistics.

[1] C.R. McDonald et al., Phys. Rev. Lett., in press

[2] M. Boninsegni et al., Phys. Rev. E **74**, 036701 (2006)

[3] J.W. Abraham et al., ArXiv e-prints **1311.5371**, (2013)

P 19.6 Wed 16:30 SPA Foyer

Controlled structures in laterally patterned barrier discharges by illumination of a semiconductor electrode — ROBERT WILD, THOMAS SCHUMANN, and •LARS STOLLENWERK — Institute of Physics, Ernst-Moritz-Arndt University of Greifswald

In this contribution, we present a possibility to actively control emerging patterns in laterally extended barrier discharges. One of the barriers is a semiconductor GaAs electrode. As the electrode is illuminated from its plasma-far side, the voltage inside the plasma gap is increased. If the gap voltage becomes higher than the ignition voltage of the gas, a (laterally patterned) discharge is started. The lateral resolution of the illumination induced discharge control is determined. It is shown that the variation of illumination power density is the most sensitive way to control the luminosity gradient of the discharge boundary in a laterally homogeneous discharge. It is further shown that also the number of current spots in a patterned discharge can be influenced by the external illumination.

Funded by the Deutsche Forschungsgemeinschaft, Sonderforschungsbereich SFB TRR-24, B14.

P 19.7 Wed 16:30 SPA Foyer

Gyrokinetic investigations of fast magnetic reconnection — •JOEL CLEMENTSON¹, LARS LEWERENTZ², OLAF GRULKE^{1,2}, HANNES BOHLIN^{1,2}, PHILIPP KEMPKES^{1,2}, KIAN RAHBARNIA¹, RALF SCHNEIDER², ADRIAN VON STECHOW^{1,2}, RICHARD SYDORA³, and THOMAS KLINGER^{1,2} — ¹Max-Planck/Princeton Research Center on Plasma Physics, Max Planck Institute for Plasma Physics, EURATOM Association, DE-17491 Greifswald, Germany — ²Department of Physics, University of Greifswald, DE-17487 Greifswald, Germany — ³Department of Physics, University of Alberta, Edmonton, Alberta, Canada T6G 2E1

Gyrokinetic simulations of magnetic reconnection in weakly collisional plasmas are presented. A two-dimensional gyrokinetic particle-in-cell (2D-gyroPIC) model, tailored to the experimental conditions of the VINETA-II linear device, is employed to investigate the physics of fast reconnection. The evolutions of fields and particle distribution functions are studied as functions of reconnection drive, inhomogeneity effects, and the ratio of parallel to perpendicular magnetic fields relative the induced current sheet. Key objectives of the work include electron and ion drift motions and the role of fluctuations on reconnection in low-collisionality systems.

P 19.8 Wed 16:30 SPA Foyer

Plasma parameter study of an inductively coupled radio frequency argon discharge — •C. KÜLLIG, TH. WEGNER, and J. MEICHSNER — Ernst-Moritz-Arndt-Universität, 17489 Greifswald

This contribution presents results of a comprehensive plasma parameter study of a 13.56 MHz inductively coupled radio frequency (ICRF) argon discharge. In particular, it will be discussed the behavior of the E- to H-mode transition. Thereby, it is considered the positive ion saturation current and floating potential, which were measured by a Langmuir probe. Furthermore, the line integrated electron density was measured by a 160 GHz microwave interferometer. All parameters provide information about the E- to H-mode transition. For instance the amount of the positive ion saturation current and the line integrated electron density increases from 10^{-5} to 10^{-3} A and from 10^{14} to 10^{17} m⁻², respectively. Whereby, the transition appears continuously for low pressure in contrast to the step-like behavior reported in literature. Furthermore, the mode transition is discussed by the spatio-temporal excitation rate pattern of argon at 750 nm calculated from phase resolved optical emission spectroscopy (PROES). Thereby, the typical excitation due to electron heating during RF sheath expansion appears in the E-mode. This mode is comparable to a capacitively coupled RF argon plasma. In the H-mode no excitation rate patterns can be separated. Here the excitation patterns are blurred. In addition, the hysteresis effect was studied and it was found an increasing hysteresis in the E-H-E-mode transition with raising pressure. // Funded by the DFG CRC/Transregio 24, project B5.

P 19.9 Wed 16:30 SPA Foyer

Volumen und oberflächenunterstützte Erzeugung von negativen Wasserstoffionen in einem Niederdruck-ECR-Plasma — •UWE KURUTZ^{1,2}, URSEL FANTZ^{1,2} und DAVID RAUNER² — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM-Assoziation, Boltzmannstr. 2, 85748 Garching — ²AG Experimentelle Plasmaphysik, Institut für Physik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg

In Ionenquellen für negative Wasserstoffionen, wie sie unter anderem an Beschleunigersystemen eingesetzt werden, erfolgt die Erzeugung negativer Ionen entweder durch einen Volumen- oder einen Oberflächenprozess. Der Volumenprozess allein ist für viele Anwendungen jedoch zu ineffektiv und hohe negative Ionendichten bei geringem Quelldruck werden derzeit nur über Oberflächen mit abgesenkter Austrittsarbeit erzeugt. Hierfür wird Cäsium in die Quelle verdampft, dessen Dynamik im Plasma und an der Oberfläche jedoch die zeitliche Stabilität und die Reproduzierbarkeit beeinträchtigt. In einem ECR-Plasma (min. Druck 0.3 Pa, max. Leistung 1 kW) werden daher Alternativen zur effektiven Erzeugung negativer Wasserstoffionen untersucht. In dem nach dem Tandem-Prinzip arbeitenden Experiment wird der Einfluss verschiedener Materialien auf die negative Ionendichte mit einem Laserdetachment-System gemessen und mit der Erzeugung über den reinen Volumenprozess verglichen. Plasmaparameter wie Elektronendichte und -temperatur werden mittels Langmuirsonde bestimmt. Die absoluten Ionendichten aus der Laserdetachment-Messung werden mittels Cavity-Ringdown-Spektroskopie überprüft und Ergebnissen einer 0-dim. Teilchenbilanz gegenübergestellt.

P 19.10 Wed 16:30 SPA Foyer

Erste Resultate des ITER-relevanten Teststands ELISE für negative Wasserstoffionen — •DIRK WÜNDERLICH, PETER FRANZEN, URSEL FANTZ und NNBI-TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Boltzmannstr. 2, 85748 Garching

Das für Heizung und Stromtrieb an ITER vorgesehene Neutralteilchen-Injektionssystem basiert auf HF-Quellen für negative Wasserstoff- oder Deuteriumionen. Wichtiger Zwischenschritt bei der Entwicklung dieser Ionenquellen ist der Teststand ELISE ($A_{\text{extr}} = 0.1$ m², halbe Größe der für ITER vorgesehenen Extraktionsfläche) am MPI für Plasmaphysik in Garching. Der Teststand selber, die installierten Diagnostiken sowie einige seit der Inbetriebnahme Ende 2012 erzielten Ergebnisse werden vorgestellt und diskutiert.

In einer ersten Betriebsphase wurden die Plasmaparameter und deren Abhängigkeiten untersucht. Es konnte unter anderem gezeigt werden, dass bei Betreiben des magnetischen Filters (durch einen Strom im Plasmagitter induziert) deutlich unterhalb der Maximalparameter dennoch die Elektronentemperatur auf etwa 1 eV reduziert wird. Solche Temperaturen sind eine notwendige Voraussetzung für eine ausreichende Dichte negativer Ionen im Plasma der Ionenquelle.

Schwerpunkt der folgenden Betriebsphasen ist die Erzeugung starker und zeitlich stabiler negativer Wasserstoff- und Deuteriumionenstrahlen. Bislang konnten Ströme von über 12 A (bei reduzierter HF-Leistung) sowie eine über mehr als 400 Sekunden stabile Extraktion bei ITER-relevantem Druck und Verhältnis von extrahierten Ionen zu ko-extrahierten Elektronen erreicht werden.

P 19.11 Wed 16:30 SPA Foyer

Propagation and Absorption of Electron Bernstein Waves in Linear Plasma Devices — ●KIRILL RUMIANTCEV, WALTER KASPAREK, and ALF KÖHN — Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie, Stuttgart, Germany

Electromagnetic waves are used to deposit power in a plasma at electron cyclotron resonance (ω_{ce}). X- or O- waves have cutoffs depending on the plasma density and configuration of magnetic field and the waves reflect at ω_{pe} and ω_R^{cutoff} respectively. However, there exists a conversion mechanism of O- and X- waves into an electrostatic wave which called the Bernstein wave. This type of waves has no cutoffs and has a resonance at ω_{ce} making it possible to heat even over dense plasmas.

In this PhD work we will study the Bernstein waves and the conversion mechanism in a simplified geometry of a linear device in Stuttgart called FLIPS. A plasma will be created by electron cyclotron resonance heating at 2.45 GHz. Making use of the simplicity of the geometry it is possible to run a full wave simulation of the conversion mechanism and propagation of the Bernstein waves. The flexibility of the device allows us to create a magnetic mirror configuration and to study how it affects on the absorption of the Bernstein waves.

The details of experimental set up will be presented as well as results of the full wave simulation of the propagation and the absorption of the Bernstein waves and the first antenna prototype to excite the waves in the plasma.

P 19.12 Wed 16:30 SPA Foyer

Comparison of the measured and modeled $N_2(A^3\Sigma_u^+)$ metastables density in diffuse nitrogen barrier discharges — ●SEBASTIAN NEMSCHOKMICHAL and JÜRGEN MEICHSNER — Universität Greifswald

The absolute density of the $N_2(A^3\Sigma_u^+, v=0)$ metastable is measured by laser-induced fluorescence spectroscopy in a diffuse nitrogen barrier discharge. Besides, the measured external electrical characteristics of the discharge are taken to determine the time dependent electron density and the rate coefficients for the excitation of the nitrogen metastables in an 1D-model for the nitrogen metastables density. As depletion processes, the pooling reaction of two metastables, the quenching with nitrogen atoms and the diffusion to the walls are considered in the

model. Both the measurement and the simulation show an increase in metastables density during the discharge pulse and a decrease afterward. The measured axial metastables density profiles differ from the modeling, probably because of missing loss processes during the discharge pulse. Besides the comparison with the measurements, the model enables the calculation of the secondary electron emission by metastables to estimate the influence of this process on the discharge ignition. The calculation points out that the metastables density is large enough to have a significant influence on the formation of the diffuse discharge mode. Nevertheless, the modeled metastables diffusion current to the cathodic dielectric shows a bottleneck at the beginning of the discharge pulse caused by the delayed metastables production with respect to the discharge pulse.

P 19.13 Wed 16:30 SPA Foyer

Untersuchung des Einflusses von Verschiebungs- und Leitungsstromdichte auf Resonanzeffekte in Hochfrequenzplasmen — ●SEBASTIAN WILCZEK¹, JAN TRIESCHMANN¹, JULIAN SCHULZE², EDMUND SCHÜNGEL², RALF PETER BRINKMANN¹, ZOLTAN DONKÓ³, ARANKA DERZSI³, IHOR KOROLOV³ und THOMAS MUSSENBRÖCK¹ — ¹Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, Ruhr-Universität Bochum, 44801 Bochum, Germany — ²Department of Physics, West Virginia University, Morgantown, USA — ³Wigner Research Center for Physics, Hungarian Academy of Sciences, Budapest, Hungary

In kapazitiven Hochfrequenzentladungen verursacht das sich zeitlich ändernde elektrische Feld zwischen den Elektroden eine Stromdichte, die durch die gesamte Entladung fließt. Unter normalen Bedingungen ist die Stromdichte in der Randschicht getragen durch die dielektrische Verschiebung, während die Stromdichte im Plasmabulk im Wesentlichen eine Leitungsstromdichte darstellt. Unter bestimmten Bedingungen zeigt der Plasmabulk allerdings eine signifikante periodische Störung der Quasineutralität, so dass auch hier ein nicht zu vernachlässigender Anteil der Stromdichte eine Verschiebungsstromdichte ist. Im Rahmen von Particle-In-Cell-Simulationen wird diese Störung der Quasineutralität durch die Anregung von Beams schneller Elektronen durch die nichtharmonisch oszillierende Randschicht hervorgerufen. Der Beitrag diskutiert den physikalischen Mechanismus der Beam-Erzeugung, der letztendlich als ein Resonanzeffekt identifiziert wird.

P 20: Poster Session - Dusty Plasmas

Time: Wednesday 16:30–18:30

Location: SPA Foyer

P 20.1 Wed 16:30 SPA Foyer

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

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

P 20.2 Wed 16:30 SPA Foyer

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

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

P 20.3 Wed 16:30 SPA Foyer

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

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

Gefördert durch SFB TR24/A2.

P 20.4 Wed 16:30 SPA Foyer

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

Werden Mikropartikel unter Schwerelosigkeitsbedingung in eine Hochfrequenz-Parallelplattenentladung injiziert, können Sie sich über das gesamte Plasmabulk verteilen. In diesem komplexen Plasma

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

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

P 20.5 Wed 16:30 SPA Foyer

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

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

Gefördert durch SFB-TR24/A2.

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

[2] T. Reichstein et al., *Phys. Plasmas* **18**, 083705 (2011)

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

P 20.6 Wed 16:30 SPA Foyer

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

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

[1] M. Schwabe, U. Konopka, P. Bandyopadhyay, and G. E. Morfill, *Phys. Rev. Lett.* **106**, 215004 (2011); J. Carstensen, F. Greiner, and A. Piel, *Phys. Rev. Lett.* **109**, 135001 (2012)

[2] A. V. Ivlev, S. K. Zhdanov, S. A. Khrapak, and G. E. Morfill, *Phys. Rev. E* **71**, 016405 (2005)

P 20.7 Wed 16:30 SPA Foyer

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

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

Die Staubbichte in den Wellen ist zu hoch um die Einzelpartikeldynamik zuverlässig analysieren zu können, da das Verfolgen der Partikel von Bild zu Bild mit großen Fehlern behaftet ist. Deswegen werden in diesem Beitrag Messungen vorgestellt, in denen durch den Einsatz von fluoreszierenden Tracerpartikeln die beobachtete Staubbichte reduziert wurde. Diese Technik wurde kürzlich erstmals in einem komplexen Plasma erfolgreich eingesetzt.[1] Durch eine stroboskopische Analyse kann unter anderem der Phasenraum der Welle erstellt werden und Effekte der Einzelpartikeldynamik, wie Wellenbrechen werden zugänglich. Die Technik und die Ergebnisse sollen in diesem Beitrag vorgestellt werden. Gefördert durch DLR unter 50WM1139.

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

P 20.8 Wed 16:30 SPA Foyer

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

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

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

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

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

P 20.9 Wed 16:30 SPA Foyer

Kielstream, a high-performance linear response program to study plasma wakefield effects — ●CHRISTOPHER ARRAN¹, PATRICK LUDWIG², and MICHAEL BONITZ² — ¹Emmanuel College, Cambridge, UK — ²Institut für Theoretische Physik und Astrophysik, Universität Kiel, Germany

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

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

[1] P. Ludwig *et al.*, *Plasma Phys. Contr. Fus.* **54**, 045011 (2012),

[2] P. Ludwig *et al.*, *New J. Phys.* **14**, 053016 (2012), [3] P. Ludwig,

C. Arran, and M. Bonitz, “Introduction to Streaming Complex Plasmas B: Theoretical Description of Wake Effects”, in: “Complex Plasmas: Scientific Challenges and Technological Opportunities, M. Bonitz, K. Becker, J. Lopez and H. Thomsen [Eds.], Springer (2014)

P 20.10 Wed 16:30 SPA Foyer

Progress towards making a plasma of positrons and electrons — EVE STENSON¹, HARUHIKO SAITOH¹, HOLGER NIEMANN¹, NORBERT PASCHKOWSKI¹, ●UWE HERGENHAHN¹, GERRIT MARX², LUTZ SCHWEIKHARD², JAMES DANIELSON³, CLIFF SURKO³, CHRISTOPH HUGENSCHMIDT⁴, and T. SUNN PEDERSEN¹ — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Greifswald — ²Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald — ³UC San Diego, CA, USA — ⁴FRM II, TU München

Laboratory experiments on a pair plasma comprising electrons and positrons would be of huge interest for basic plasma science, numerical simulation of plasma turbulence, and astrophysics. In this project, we

plan to use the NEPOMUC positron beamline at the FRM II reactor, together with plasma confinement in the magnetic field of a levitated, superconducting current loop, to make controlled experimental studies of such plasmas possible for the first time. Numerical simulations of strategies for injecting a cold positron beam into a magnetic dipole field will be presented. Plasma densities can be greatly increased by interfacing the confinement device to NEPOMUC with an efficient positron trap and accumulator. Therefore, in parallel we have started experiments on trapping and accumulating large numbers of electrons and positrons, and will report about the use of Penning-Malmberg traps for this purpose.

P 20.11 Wed 16:30 SPA Foyer

Dust grain potential in a flowing magnetized plasma — ●JAN-PHILIP JOOST¹, CHRISTOPHER ARRAN², PATRICK LUDWIG¹, HANNO KÄHLERT¹, and MICHAEL BONITZ¹ — ¹ITAP, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel — ²Emmanuel College, Cambridge, UK

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

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

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

P 20.12 Wed 16:30 SPA Foyer

2D One-Component and Binary Yukawa Systems in a Magnetic Field — ●TORBEN OTT^{1,2}, HARTMUT LÖWEN², and MICHAEL BONITZ¹ — ¹Christian-Albrechts-Universität Kiel, Institut für Theoretische Physik und Astrophysik — ²Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Institut für Theoretische Physik II: Weiche Materie

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

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

P 20.13 Wed 16:30 SPA Foyer

Investigation of Nanoparticle Growth in a Dusty Acetylene Plasma — ●ALEXANDER HINZ¹, ERIK V. WAHL², MAIK FRÖHLICH³, THOMAS STRUNSKUS¹, and HOLGER KERSTEN² — ¹Institute for Materials Science, CAU Kiel, Germany — ²Institute of Experimental and Applied Physics, CAU Kiel, Germany — ³Leibniz Institute for Plasma Science and Technology Greifswald, Germany

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

P 20.14 Wed 16:30 SPA Foyer

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

In Niedertemperaturplasmen können mikrometergroße Partikel hoch geordnete Strukturen ausbilden. Mithilfe eines dreidimensionalen Einfangpotentials lassen sich stark gekoppelte finite Systeme erzeugen, die Yukawa-Cluster. Die Dynamik dieser kristallartigen Strukturen wurde bisher hauptsächlich mit Normalmoden beschrieben. Dabei wird die Gesamtbewegung aus den möglichen kollektiven Schwingungsmustern der einzelnen Partikel zusammengesetzt.

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

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

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

P 21: Plasma Technology II

Time: Thursday 10:30–12:45

Location: SPA HS201

Invited Talk

P 21.1 Thu 10:30 SPA HS201

HVDC Insulator Charging in SF6 Insulated Systems — ●UELI STRAUMANN¹, UWE RIECHERT¹, ROBIN GREMAUD², MICHAEL SCHÜLLER³, and CHRISTIAN M. FRANCK³ — ¹High Voltage Products, ABB Switzerland Ltd. — ²Corporate Research, ABB Switzerland Ltd. — ³Power Systems and High Voltage Laboratories, ETH Zurich, Switzerland

To decarbonize our societies, electricity production from renewable sources is rising across Europe. It is widely expected that the integration of these renewables will be accompanied with a large increase of HVDC installations. For the latter, the utilization of gas insulated (GI) systems is becoming attractive, particularly as they require less space than air insulated systems, similar to the situation of gas insulated switchgear (GIS) in the case of AC.

When adapting AC GIS for DC application, one of the main challenges might be the insulators, which, under DC voltage, are charged, potentially leading to dielectric stresses differing considerably from those under AC. The temperature dependent electric conductivity of

the solid insulation as well as ions from the gas deposited on the insulators surface determine the electric field under DC conditions.

To be able to assess the role of the ion-currents charging the insulator surface, the ion production rate and their drift in the electric field have to be determined. These ions are generated by natural radiation and, in the case of excessive field strengths, by collision and field emission. Measurements show that such insulator charging may be simulated fairly well by means of the discontinuous Galerkin Method.

Invited Talk

P 21.2 Thu 11:00 SPA HS201

Plasma based deposition of nanoparticles and nanocomposites — ●THOMAS STRUNSKUS — Institute of Materials Science - Multi-component Materials, Christian-Albrechts University at Kiel, Kaiserstr. 2, 24143 Kiel, Germany

Nanocomposites combine favorable features of the constituents on the nanoscale to obtain interesting new functionalities for e.g. optical, magnetic or medical applications [1]. The present talk is concerned with the plasma based deposition of metal and metal oxide nanoparticles and their combination with dielectric organic or inorganic matri-

ces. Such nanocomposites can be created by magnetron co-sputtering of the matrix and metallic components. A more elegant way is the creation of nanoparticles prior to deposition by a magnetron sputtering process in a gas aggregation source and combination with a plasma or sputtering deposition process for the matrix. The processes occurring in the gas aggregation source under different operation conditions will be discussed. Computer simulations of the metal aggregation process in the gas phase and in the solid phase during growth will also be addressed.

[1] Metal-Polymer Nanocomposites for Functional Applications, F. Faupel, V. Zaporozhchenko, T. Strunskus, M. Elbahri, Adv. Engin. Mater. 12(12), (2010), 1177.

Financial support by the DFG within the Collaborative Research Center TR24 "Fundamentals of Complex Plasmas" is gratefully acknowledged.

P 21.3 Thu 11:30 SPA HS201

Carbon micro-crystals and micro-bubbles deposition using filamentary pulsed atmospheric pressure plasma — ●RAMASAMY POTHIRAJA, NIKITA BIBINOV, and PETER AWAKOWICZ — Institute for Electrical Engineering and Plasma Technology, Ruhr-University Bochum, 44801 Bochum, Germany.

Thin plasma filaments are produced by propagation of ionization waves from spike-shaped electrode in quartz tube in argon/methane gas mixture at atmospheric pressure. Position of touching point of filaments on substrate surface can be controlled in our experiment by variations of substrate configuration and position on planar grounded electrode. Filament end-point on substrate surface is positioned in argon/hydrocarbon flow as well as in ambient air. Duration of plasma filament contact time on substrate is about one microsecond. Some carbon compounds are formed during this time at the touching points on the substrate surface. Micro-bubbles are produced if filaments touching points are under argon/hydrocarbon flow (away from ambient air). Under air conditions, micro-crystals are formed. Dimension of both compounds is approximately one micrometer (0.5 - 2 micrometer) and corresponds to about $10^{10} - 10^{12}$ carbon atoms. Neither diffusion of neutral species nor drift of ions can be a reason for the formation of such big compounds during this short period of filament-substrate interaction. Possibly carbon ions are trapped in a plasma soliton, which are propagated with ionization wave, and transported to the substrate. Mechanism of this transport and characterization of materials formed under different gas conditions will be studied in the future.

P 21.4 Thu 11:45 SPA HS201

Atmosphärendruck-Plasmodifikation optischer Eigenschaften von Siliziumdioxid — ●CHRISTOPH GERHARD^{1,2}, STEPHAN WIENEKE^{1,2} und WOLFGANG VIÖL^{1,2} — ¹HAWK, Göttingen, Deutschland — ²Fraunhofer IST-APP, Göttingen, Deutschland

In diesem Beitrag wird die Modifikation optischer Eigenschaften von Siliziumdioxid, dem Hauptbestandteil optischer Gläser, mittels wasserstoffhaltigen Atmosphärendruckplasmen vorgestellt. Hierbei wird eine gezielte plasmainduzierte chemische Reduktion von Siliziumdioxid zu Siliziumsuboxid sowie eine Einlagerung von Wasserstoff in das Bulkmaterial initiiert. Als Folge der resultierenden Stöchiometrieänderung können so relevante optische Eigenschaften wie der Brechungsindex und die damit verbundenen Reflexions-, Transmissions- und Dispersionsseigenschaften modifiziert werden. Die zugrunde liegenden chemischen Modifikationen der Siliziumdioxidmatrix werden anhand von massen- und röntgenspektroskopischen Untersuchungen dargestellt. Darüber hinaus werden plasmainduzierte Änderungen der optischen Eigenschaften auf Basis spektroskopischer und ellipsometrischer Messungen präsentiert sowie bereits umgesetzte Anwendungen einer solchen Modifikation, etwa zur Laserbearbeitung transparenter Medien, vorgestellt.

P 21.5 Thu 12:00 SPA HS201

Reactive magnetron co-sputtering from In and Cu(Ga) targets in Ar:H₂S or Ar:H₂Se: poisoning mechanisms of the target and influences on the discharge voltage — ●JONAS SCHULTE and KLAUS ELLMER — HZB Berlin

The reactive sputtering process from In and CuGa targets in depen-

dence of the reactive gas content c_{RG} (H₂S or H₂Se), has been investigated in order to achieve a better understanding for the process to enable reproducible depositions of Cu(In,Ga)(S,Se)₂ absorber layers for thin film solar cells. In comparison to the basic Berg model of reactive sputtering processes and to detailed investigations of reactive sputtering processes in O₂ and N₂ by other groups, it was tried to relate changes of the discharge voltage V_{dis} , while applying a constant target power, to changes of the ion induced secondary electron emission (ISEE) coefficient of the target surface and hence the target poisoning mechanisms. For both targets, a clear tendency for an increasing V_{dis} for increasing c_{RG} was observed, which is very similar for the case of H₂S or H₂Se as reactive gases. This could be, however, not related to a change of the ISEE coefficient, since measurements of the discharge voltage of a sulfurized target surface shortly after reigniting the discharge in pure Ar, show that the ISEE coefficient of the poisoned target surface is not significantly changed in comparison to the metallic surface. Furthermore, this change of the ISEE coefficient depends on the specific reactive gas content used during the poisoning procedure. This indicates the formation of different metal-S (Se) phases on the target surfaces in dependence on the reactive gas content.

P 21.6 Thu 12:15 SPA HS201

Stabilität von Isoliergasgemischen unter dem Einfluss nicht-thermischer Plasmen — ●THOMAS HAMMER und TETSUO KISHIMOTO — Siemens AG, CT RTC PET, Günther-Scharowsky-Str. 1, 91058 Erlangen

Gasgemische sind ein bewährtes Mittel für die elektrische Isolierung in Anlagen der Energieverteilung und Übertragung im Mittel- und Hochspannungsbereich. Die dielektrische Festigkeit der Gasisolation hängt dabei maßgeblich von der Zusammensetzung des Gasgemisches ab. Kleinvolumige elektrische Gasentladungen mit Strömen im sub-mA-Bereich (auch als Teilentladungen bekannt), die an lokalen Feldstärkeüberhöhungen in elektrischen Anlagen ansetzen, können durch Bildung chemisch aktiver Radikale effizient Reaktionen anregen, die langfristig - d.h. über einen Zeitraum von typisch 30 Jahren - einerseits zum Abbau der für die dielektrischen Festigkeit wesentlichen Gaskomponente, andererseits zur Bildung neuer Gaskomponenten führen können [1], die unter Umständen die Funktion der elektrischen Anlage beeinträchtigen. Effekte dieser Art wurden mittels dielektrisch behinderter Entladungen an einem N₂O-N₂-Gemisch in einem geschlossenen Rezipienten experimentell untersucht. Der Einfluss der eingetragenen spezifischen Energie auf den Abbau von N₂O und die Bildung von Stickoxiden sowie die Änderung der elektrischen Eigenschaften werden präsentiert.

[1] T. Hammer: Non-thermal plasma application to the abatement of noxious emissions in automotive exhaust gases. Plasma Sources, Science and Technology Vol. 11, No. 3A, A196-201 (2002)

P 21.7 Thu 12:30 SPA HS201

Formation of metal and metal oxide nanoparticles generated in gas phase by pulsed DC sputtering in a reactive gas admixture — OLEKSANDR POLONSKYI, AMIR MOHAMMAD AHADI, ALEXANDER HINZ, EGLE VASILIAUSKAITE, ●THOMAS STRUNSKUS, and FRANZ FAUPEL — Institute for Materials Science, Chair for Multicomponent Materials, Christian-Albrechts University at Kiel, Kaiserstr. 2, 24143 Kiel, Germany

This work is focused on the formation of metal and metal oxide nanoparticles (Ag, TiO_x, Al_xO_y, SiO_x) in a gas aggregation source with continuous or pulsed DC magnetron sputtering. Usually argon was used as a working gas, but in case of reactive metals (Ti, Al) a low concentration of oxygen or nitrogen is necessary for the cluster formation process. It was also observed that a gas aggregation cluster source based on pulsed reactive DC magnetron sputtering gives rise to a huge increase in deposition rate of nanoparticles by more than one order of magnitude compared to continuous operation (e.g., TiO_x nanoparticles) [1]. The influence of the sputtering parameters and reactive gas admixing on the nanoparticles formation process was investigated. The prepared nanoparticles were characterized with regard to chemical composition, morphology and optical properties.

[1] Polonskyi et al., Appl. Phys. Lett. 103, 033118 (2013)

P 22: Helmholtz Graduate School for Plasma Physics II

Time: Thursday 10:30–12:30

Location: SPA HS202

Invited Talk P 22.1 Thu 10:30 SPA HS202
Cosmic rays — ●REINHARD SCHLICKKEISER — Institut für Theoretische Physik, Lehrstuhl IV: Weltraum- und Astrophysik, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum

Cosmic rays denote a population of cosmic charged particles with individual particle energies up to 10^{20} eV. The nonthermal emission processes of cosmic ray nucleons and electrons dominate the photon emission in many astrophysical sources. In the tutorial the fundamentals of cosmic ray astrophysics are reviewed, stressing the importance of electromagnetic acceleration and transport processes in magnetized systems (as the interplanetary and interstellar medium) with ordered magnetic fields $B_0 \gg \delta B \gg \delta E$ being much greater than the turbulent magnetic and electric field components. The ordering $B_0 \gg \delta B \gg \delta E$, necessary for explaining the observed near isotropy of cosmic rays, is the basis for a perturbation scheme leading to the modified diffusion-convection cosmic ray transport equation that describes all electromagnetic acceleration and transport processes discussed today. In unmagnetized cosmic systems (such as the intergalactic medium) a similar perturbation scheme based on $\delta B \gg \delta E$ can be developed. Understanding cosmic ($\delta B, \delta E$)-fluctuations in space plasmas therefore is of crucial importance e.g. the role of collective and noncollective modes and wave-like, weakly-propagating and aperiodic fluctuations. The similarities and differences to the transport theory in magnetized fusion plasmas are highlighted.

Topical Talk P 22.2 Thu 11:15 SPA HS202
Block Structured Grids for GENE (Gyrokinetic Electromagnetic Numerical Experiment) — HANS-JOACHIM BUNGARTZ², TOBIAS GÖRLER¹, ●DENIS JAREMA², FRANK JENKO¹, TOBIAS NECKEL², and DANIEL TOLD¹ — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM-Assoziation, Boltzmannstraße 2, D-85748 Garching — ²Scientific Computing in Computer Science, Technische Universität München, Boltzmannstraße 3, 85748 Garching

In its global version, GENE computes the evolution of the particles distribution function in a five-dimensional space, whose geometrical part spans over a large part of a plasma confinement device. The temperature of the plasma may vary strongly inside the confinement device, leading to different properties of the background distribution functions in the velocities space. More specifically, in regions of high temperature, there are more particles showing high velocity values, corresponding to a distribution function with long wings and a smooth peak at the mean velocity value, whereas the distribution function for regions of relatively low temperature displays a sharp peak. Constructing a rectangular Cartesian grid requires thus a big interval of velocity values to account for the fast particles and a fine resolution to resolve the sharp peak. This leads to a considerable increase in the number of points of the five-dimensional regular grid, and makes computations slow and inefficient. We develop block-structured grids

that are adjusted to the temperature profiles and have a significantly reduced number of points in comparison to rectangular grids, resulting in faster global plasma gyrokinetic simulations.

Topical Talk P 22.3 Thu 11:40 SPA HS202
Interaction between the neoclassical equilibrium and ITG turbulence in gyrokinetic simulations — ●MICHAEL OBERPARLEITER and FRANK JENKO — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM-Assoziation, Boltzmannstraße 2, D-85748 Garching

While the fundamental theory of neoclassical transport in magnetic confinement devices was established decades ago, it still holds a number of relevant open questions. We use the gyrokinetic code GENE to investigate a potential interaction mechanism between turbulent and neoclassical physics via modifications of the zonal flow pattern by the neoclassical radial electric field. As a model system, an external sinusoidal electrostatic potential is imposed on ITG turbulence in the flux tube limit. This allows us to study the impact of long and intermediate wavelength radial electric fields on turbulent structures for a wide range of parameters. Based on these results radially global simulations with and without neoclassical effects are performed to investigate the impact of the true neoclassical radial electric field. Additionally, we test some of the analytical propositions how neoclassical transport is modified near the magnetic axis, where the orbit width becomes of the order of the minor radius of the flux surface. In particular, a heat source localised on the axis is used to show the nonlocality of the ion heat transport.

Topical Talk P 22.4 Thu 12:05 SPA HS202
Nonuniversal power-law spectra in turbulent systems — ●VASIL BRATANOV¹, FRANK JENKO¹, DAVID HATCH², and MICHAEL WILCZEK³ — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM-Assoziation, Boltzmannstraße 2, D-85748 Garching — ²Institute for Fusion Studies, University of Texas at Austin, Austin TX 78712, USA — ³Department of Mechanical Engineering, The Johns Hopkins University, 3400 North Charles Street, Baltimore MD 21218, USA

Turbulence is generally associated with universal power law spectra in scale ranges without significant drive or damping. Although many examples of turbulent systems do not exhibit such an inertial range, power law spectra may still be observed. In search for simple models exhibiting such a behavior, we first consider a modified version of the Kuramoto-Sivashinsky equation. By means of semi-analytical and numerical studies, one finds power laws with nonuniversal exponents at high wave numbers if the ratio of nonlinear and linear time scales is (roughly) scale-independent. As a further step we examine a two-dimensional fluid model with intrinsic drive and an additional cubic nonlinearity possessing a damping effect. Our analysis reveals again nonuniversal power laws that depend on the linear parameters.

P 23: Low Temperature Plasmas II

Time: Thursday 14:00–16:00

Location: SPA HS201

Invited Talk P 23.1 Thu 14:00 SPA HS201
The Franck-Hertz experiment: 100 years ago and now — ●ZOLTAN DONKO¹, PETER MAGYAR^{1,2}, and IHOR KOROLOV¹ — ¹Institute for Solid State Physics and Optics, Wigner Research Centre for Physics, Budapest, Hungary — ²Roland Eotvos University, Budapest, Hungary

James Franck and Gustav Ludwig Hertz have published 100 years ago the findings of their famous experiment [1] that has demonstrated the quantized nature of atomic energy levels. Since that time this experiment has attracted the attention of generations. In our studies we have developed an experimental Franck-Hertz cell, which operates on the basis of photoemission. The electrical characteristics of this cell have been measured in argon gas over a wide range of pressure. An exact description of the motion of the electrons in the experiment requires a treatment at the level of the kinetic theory [2] due to the appearance of non-equilibrium effects in the electron transport. Therefore we applied Monte Carlo simulation to trace electrons. The computations provided

the electrical characteristics of the cell, the energy and velocity distribution functions, and the transport parameters of the electrons, as well as the rate coefficients of different elementary processes.

[1] J. Franck and G. Hertz: Verh. Deut. Phys. Ges. 16, 457 (1914).
 [2] F. Sigeneger, R. Winkler, and R. E. Robson, Contrib. Plasma Phys. 43, 178 (2003). [3] P. Magyar, I. Korolov and Z. Donko: Phys. Rev. E 85, 056409 (2012).

Topical Talk P 23.2 Thu 14:30 SPA HS201
Investigation of barrier discharges in He/N₂ mixtures: correlation of electrical, spectroscopic and surface charge measurements — ●ROBERT TSCHERSCH, MARC BOGACZYK, and HANS-ERICH WAGNER — Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt Universität, Felix-Hausdorffstr. 6, 17489 Greifswald

The comprehensive understanding of barrier discharges (BDs) requires identical conditions for the investigation of both volume processes as well as plasma-wall interactions. Hence, the spatio-temporally and

spectrally resolved discharge emission and the phase-resolved surface charge accumulation on a BSO crystal were simultaneously studied using the electrically triggered cross-correlation spectroscopy and the electro-optic Pockels effect, respectively. He/N₂ mixtures are suitable for generating the diffuse mode (Townsend-like, glow-like) as well as filamentary-like microdischarges (MDs), simply varying the gas mixing ratio, the amplitude and shape of the applied voltage. The discharge emission evolution and the discharge current show a temporal correlation for direct and multistage excitation. Moreover, comparing the transferred charge during a breakdown with the total amount of deposited surface charges reveals a clear agreement. After switching off the discharge, a decay of the surface charges is observed. Their life-time significantly depends on the illumination rate due to the photoconductivity of the BSO crystal.

Supported by "Deutsche Forschungsgemeinschaft, Sonderforschungsbereich SFB TR24".

P 23.3 Thu 14:45 SPA HS201

Der Einfluss der Vorphase auf die Zündung von gepulsten dielektrisch behinderten Entladungen mit variabler Pulsbreite

— ●HANS HÖFT, MANFRED KETTLITZ, TOMAS HODER, RONNY BRANDENBURG und KLAUS-DIETER WELTMANN — INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald

Bei gepulst betriebenen dielektrisch behinderten Entladungen (DBE) hat neben der Repetitionsfrequenz der Pulsabstand einen entscheidenden Einfluss auf die Durchbruchcharakteristik. Die Auswirkungen einer variablen Pulsbreite auf die Vorphase und den folgenden Durchbruch einer DBE in 0,1 Vol.-% O₂ in N₂ bei Atmosphärendruck wurde mit Hilfe von Cross-Correlation-Spektroskopie, Streak- und iCDD-Kameraaufnahmen untersucht. Zudem wurde die elektrische Charakterisierung der DBE durch schnelle Strom- und Spannungssonden vorgenommen. Die beidseitig behinderte Entladung mit 1 mm Elektrodenabstand wurde mit einer unipolaren Rechteckspannung betrieben. Bei Entladungsabständen zw. 20 und 5 μ s ist eine ca. 10 ns andauernde anodennahe diffuse Emission (337 nm) zu beobachten, die ca. 30 ns vor dem eigentlichen Durchbruch beginnt. Mit der Emission in der Vorphase ist eine Raumladung vor der Anode korreliert, die eine Verschiebung des Startpunktes der kathodengerichteten Ionisationsfront (pos. Streamer) in Richtung Kathode zur Folge hat. Damit gehen eine Erniedrigung der Zündspannung, der Propagationsgeschwindigkeit und des Entladungsstrommaximums sowie eine Verlängerung der Emissions- und Entladungsdauer einher. Bei Pulsabständen kleiner als 5 μ s geht die Voremission direkt in den Durchbruch über.

P 23.4 Thu 15:00 SPA HS201

Steuerung einer lateral strukturierten Barrierentladung mit einer beleuchteten Halbleiterelektrode

— ●ROBERT WILD, THOMAS SCHUMANN und LARS STOLLENWERK — Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald

Während des Betriebs einer diffusen Barrierentladungen kann es unter bestimmten Bedingungen zu einer selbstorganisierten lateralen Inhomogenität der Leuchtdichteverteilung kommen. In diesem Beitrag wird eine Möglichkeit zur Steuerung dieser Strukturierung vorgestellt. Dabei ist eine der beiden Barrieren ein halbleitender GaAs-Kristall. Durch dessen externe rückseitige Beleuchtung wird das Verhältnis der kapazitiven Spannungsteilung innerhalb der Entladungszelle zugunsten der Spannung über dem Gasspalt verschoben. Übersteigt diese Spannung die Zündspannung des Arbeitsgases, so zündet an der beleuchteten Stelle eine Entladung. Die Steuerung der beleuchtungsinduzierten Entladung wird bezüglich ihrer lateralen Auflösung untersucht. Es wird gezeigt, dass der Leuchtdichtegradient am Rand der Entladung am besten durch die Beleuchtungsleistung gesteuert werden kann. Weiterhin wird gezeigt, dass die externe Beleuchtung eine Möglichkeit bietet, die Anzahl der auftretender Stromspots zu begrenzen. Dieses Verhalten lässt sich als Begrenzung des Gesamtstroms interpretieren. Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft, Sonderforschungsbereich SFB TRR-24, Teilprojekt B14.

P 23.5 Thu 15:15 SPA HS201

Einfluss von Xenon- und Caesium-Beimischungen auf ein Wasserstoff-Niedertemperaturplasma

— ●ROLAND FRIEDL¹ und URSEL FANTZ^{1,2} — ¹AG Experimentelle Plasmaphysik (EPP), Institut für Physik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Boltzmannstr. 2, 85748 Garching

Quellen negativer Wasserstoffionen für die Fusionsforschung basieren auf der Oberflächenproduktion von negativen Ionen. Dabei wird durch Verdampfung von Caesium in der Ionenquelle die Austrittsarbeit der Konverteroberfläche herabgesetzt. Um den Einfluss des Caesiums auf das Wasserstoffplasma zu analysieren, wurden Grundlagenuntersuchungen am Laborexperiment ACCesS (Augsburg Comprehensive Cesium Setup) durchgeführt. Das Experiment besitzt Ionenquellentypische Plasmamaparameter und ist mit umfangreichen Diagnostiken ausgestattet. Durch die Verwendung von Xenon (ähnliche Masse wie Cs) kann der Effekt von schweren atomaren Teilchen mit geringer Ionisierungsenergie auf das Wasserstoffplasma untersucht werden, wobei reaktive Prozesse im Plasma und an den Wänden zunächst ausgeschlossen sind. Es zeigt sich, dass die mit Xe ermittelten Effekte einer sinkenden Elektronentemperatur und einer steigenden Elektronendichte für Ionenquellen-relevante Cs-Dichten nicht auftreten. Allerdings führen hier die Effekte der Oberflächenchemie und -physik zu einem Rückgang der Elektronendichte nahe der Oberflächen sowie zum Rückgang der atomaren Wasserstoffdichte im Plasma.

P 23.6 Thu 15:30 SPA HS201

Kinetische Simulation von Modenübergängen und Hysterese-Effekten in kapazitiven Hochfrequenzentladungen

— ●SEBASTIAN WILCZEK¹, JAN TRIESCHMANN¹, JULIAN SCHULZE², EDMUND SCHÜNGEL², RALF PETER BRINKMANN¹, ZOLTAN DONKÓ³, ARANKA DERZSI³, IHOR KOROLOV³ und THOMAS MUSSENBRÖCK¹ — ¹Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, Ruhr-Universität Bochum, 44801 Bochum, Germany — ²Department of Physics, West Virginia University, Morgantown, USA — ³Wigner Research Center for Physics, Hungarian Academy of Sciences, Budapest, Hungary

In kapazitiv gekoppelten Hochfrequenz-Niederdruckplasmen treten in Abhängigkeit von der Kombination unterschiedlicher äußerer Parameter eine Vielzahl kinetischer Effekte auf. Ein wichtiger Mechanismus ist die stochastische Heizung. Elektronen wechselwirken mit der hochfrequent oszillierenden Randschicht und gewinnen im Mittel kinetische Energie. Für die Wechselwirkung spielt der Auftreffzeitpunkt der Elektronen die entscheidende Rolle. Ob die Elektronen die Randschicht erreichen während diese kollabiert oder expandiert, kann über die Anregungsfrequenz und den Elektrodenabstand eingestellt werden. Man hat somit die Möglichkeit, direkten Einfluss auf die stochastische Heizung zu nehmen. Der Beitrag diskutiert abrupte Übergänge von Betriebsmodi von kapazitiven Hochfrequenzentladungen, die im Rahmen von Particle-in-Cell-Simulationen beobachtet werden. Eine kleine Veränderung der Anregungsfrequenz führt u.U. zu einer drastischen Erhöhung der Elektronendichte. Es wird gezeigt, dass die unterschiedlichen Betriebsmodi bestimmten Hystereseeffekten unterliegen.

P 23.7 Thu 15:45 SPA HS201

Observation of ion acoustic waves by electrical current measurements in a self pulsing plasma at atmospheric pressure in argon

— ●TORSTEN GERLING, RENÉ BUSSIAHN, CHRISTIAN WILKE, and KLAUS-DIETER WELTMANN — INP Greifswald

High resolution current signals of a self-pulsing discharge revealed characteristic oscillations in the pulse decay phase. These oscillations appear with decreasing frequency between 250 MHz and 75 MHz. The frequency values are well within the range of the plasma ion frequency, indicating the presence of ion acoustic waves. Conditions for the creation of these oscillations as well as first evaluated ion densities will be presented. The results give Ar₂⁺ densities from $5 \cdot 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ up to 10^{14} cm^{-3} .

P 24: Laser Plasmas I

Time: Thursday 14:00–16:00

Location: SPA HS202

P 24.1 Thu 14:00 SPA HS202

Scaling of TNSA-Accelerated Proton Beams with Laser Energy and Focal Spot Size — ●LIESELOTTE OBST^{1,2}, KARL ZEIL¹, JOSEFINE METZKES^{1,2}, STEPHAN KRAFT¹, and ULRICH SCHRAMM^{1,2} — ¹Helmholtz-Zentrum Dresden - Rossendorf, Dresden, Deutschland — ²Technische Universität Dresden, Dresden, Deutschland

We investigate the acceleration of high energy proton pulses generated by relativistic laser-plasma interaction. The scope of this work was the systematic investigation of the scaling of the laser proton acceleration process in the ultra-short pulse regime in order to identify feasible routes towards the potential medical application of this accelerator technology for the development of compact proton sources for radiation therapy.

We present an experimental study of the proton beam properties under variation of the laser intensity irradiating thin foil targets. This was achieved by employing different parabolic mirrors with various focal lengths. Hence, in contrast to moving the target in and out of focus, the target was always irradiated with an optimized focal spot. By observing the back reflected light of the laser beam from the target front side, pre-plasma effects on the laser absorption could be investigated. The study was performed at the 150 TW Draco Laser facility of the Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf with ultrashort (30 fs) laser pulses of intensities of about $8 \cdot 10^{20} \text{ W/cm}^2$.

P 24.2 Thu 14:15 SPA HS202

Few-cycle optical probe-pulse for investigation of relativistic laser-plasma interactions — ●MATTHEW B. SCHWAB¹, ALEXANDER SÄVERT¹, OLIVER JÄCKEL^{1,2}, JENS POLZ¹, MICHAEL SCHNELL¹, THORSTEN RINCK¹, LASZLO VEISZ³, MAX MÖLLER^{1,2}, PETER HANSINGER¹, GERHARD G. PAULUS^{1,2}, and MALTE C. KALUZA^{1,2} — ¹Institut für Optik und Quantenelektronik, Jena, Germany — ²Helmholtz-Institut Jena, Jena, Germany — ³Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Garching, Germany

The motivation, development, and implementation of a few-cycle optical probe-pulse for the investigation of laser-plasma interactions driven by a Ti:sapphire, 30 Terawatt (TW) laser system will be described*.

The probe was seeded by a fraction of the driving laser's energy and underwent spectral broadening via self-phase modulation in a hollow core fiber filled with a noble gas. Chirped mirrors temporally compressed the broadened probe to a few optical cycles. Using this probe, shadowgraphic images of the laser-driven plasma wave created in relativistic electron acceleration experiments were recorded with few-fs temporal resolution. The images' temporal resolution proved to be independent of spectral filtering of the probe-beam performed after it had propagated through the laser-plasma interaction.

*Appl. Phys. Lett. **103**, 191118 (2013)

P 24.3 Thu 14:30 SPA HS202

Ultra fast imaging of a laser wake field accelerator — ●ALEXANDER SÄVERT¹, STUART P.D. MANGLES², MICHAEL SCHNELL¹, MARIA NICOLAI¹, MARIA REUTER¹, MATTHEW B. SCHWAB¹, JASON M. COLE², MAX MÖLLER¹, OLIVER JÄCKEL^{1,3}, KRISTJAN PODER², GERHARD G. PAULUS^{1,3}, CHRISTIAN SPIELMANN^{1,3}, ZULFIKAR NAJMUDIN², and MALTE C. KALUZA^{1,3} — ¹Friedrich-Schiller-Universität, Jena, Germany — ²The John Adams Institute Imperial College, London, United Kingdom — ³Helmholtz Institut Jena, Jena, Germany

Ultra intense laser pulses are known to excite plasma waves with a relativistic phase velocity. By harnessing these waves it is possible to generate quasi-monoenergetic, ultra-short electron pulses with kinetic energies from 0.1 to 2 GeV by guiding the laser pulse over several Rayleigh lengths. To further improve the stability of these particle pulses and ultimately to be able to tailor the energy spectrum toward their suitability for various applications, the physics underlying the different acceleration scenarios need to be understood as completely as possible. To be able to resolve the acceleration process diagnostics well-suited for this plasma environment need to be designed and realized. By using sub-10 fs probe pulses we were able to freeze the transient accelerating structure in the plasma. We will present the first results of an experiment which was carried out with the 30 TW JETi Laser and a few cycle probe pulse at the Institute of Optics and Quantum Electronics Jena. The resulting snapshots show unprecedented details from the laser plasma interaction and allow a direct

comparison to computer simulations.

P 24.4 Thu 14:45 SPA HS202

Improvement of laser absorption by tailoring of the ASE pedestal in target normal sheath acceleration with mass limited targets — ●JENS POLZ¹, ALEX ROBINSON³, ALEX AREFIEV⁴, AJAY ARUNACHALAM^{1,2}, GEORG BECKER¹, MARIA REUTER^{1,2}, MATTHEW SCHWAB¹, ALEXANDER SÄVERT¹, and MALTE KALUZA^{1,2} — ¹Institut für Optik und Quantenelektronik, Friedrich-Schiller-Universität, D-07743 Jena — ²Helmholtz Institut, D-07743 Jena — ³Central Laser Facility, Rutherford-Appleton Laboratory, Chilton, Oxon., OX11 0QX, UK — ⁴Institute for Fusion Studies, The University of Texas, Austin, Texas 78712, USA

For ion acceleration from thin foils using high-intensity laser pulses in the TNSA regime, reducing the laser pulse contrast $I_{\text{prepulse}}/I_{\text{mainpulse}}$ allows using thinner foils, which leads to higher ion energies. What is neglected in this consideration is that for the absorption of laser light by the plasma, the properties of the generated pre-plasma plays a crucial role. Here we show experimental results, where we controlled the length of the ASE pedestal with a laser pulse contrast level of 10^{-8} in an experiment where water micro droplets were used as targets. When increasing the length of the ASE pedestal the energy of the accelerated protons increased. Theoretical investigations show that for the shortest possible ASE pedestal length, the absorption of the laser is dominated by transverse ponderomotive acceleration (TPA), whereas when increasing the ASE pedestal length it is dominated by leading edge depletion (LED). In the LED regime the energy of the generated electrons is enhanced, thus leading to an increase in proton energies.

P 24.5 Thu 15:00 SPA HS202

Electron dynamics controlled via self-interaction — ●MATTEO TAMBURINI, CHRISTOPH H. KEITEL, and ANTONINO DI PIAZZA — Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg, Germany

The dynamics of an electron in a strong laser field can be significantly altered by radiation reaction (RR). This usually results in a strongly damped motion, with the electron losing a large fraction of its initial energy [1]. Here we show that RR effects can provide a route to the control of the electron dynamics via the nonlinear interplay between the Lorentz and the RR force [2]. This is achieved in a setup where an ultrarelativistic electron is exposed to a strong either few-cycle [3] or bichromatic laser pulse. Our simulations for a focused laser pulse show that, already at the intensities achievable with state-of-the-art laser systems, an ultrarelativistic electron colliding head-on with a bichromatic laser pulse can be deflected in an ultrafast and controlled way within a cone of about 8 degrees aperture independently of the initial electron energy as long as quantum effects remain small [2]. Remarkably, at still higher intensities the interplay between the RR and the Lorentz force can even overcome the radiation losses themselves, resulting in a RR assisted electron acceleration instead of damping.

[1] J. Koga *et al.*, Phys. Plasmas **12**, 093106 (2005);

A. G. R. Thomas *et al.*, Phys. Rev. X **2**, 041004 (2012).

[2] M. Tamburini *et al.*, arXiv:1306.3328 (2013).

[3] M. Tamburini *et al.*, arXiv:1208.0794 (2012).

P 24.6 Thu 15:15 SPA HS202

Numerical simulation of an ensemble of radiating particles — ●CHRISTIAN HERZING, NINA ELKINA, and HARTMUT RUHL — Ludwig-Maximilians Universität, München, 80539, Germany

We present a new code for the simulation of finite particle systems interacting with intense laser fields $I \geq 10^{20} \text{ W/cm}^2$. Our aim is to calculate time resolved spectra and to study coherency effects at high frequencies ($\hbar\omega \sim 10 - 100 \text{ KeV}$). Under such conditions the radiation reaction effects can become substantial. In this work the radiation reaction is taken into account classically by adding the radiation friction term into the equation of particle motion. The inter-particle interactions are treated by means of the Lienard-Wiechert potentials. The set of covariant equations for the dynamics of an ensemble of particles in an arbitrary electromagnetic field is integrated by using an embedded Nyström method of the order 5(6). The code is supplemented with an adaptive time stepping control, which considerably decreases the computational efforts. To prevent a numerical violation of the mass shell condition $u_\mu u^\mu = c^2$ a projection onto this shell is applied

to the 4-momenta. As a physical application of the newly developed code, we use it to study nonlinear Thompson scattering by a bunch of particles. Since we take inter-particle interactions into account, we can investigate the impact of the Coulomb explosion of the bunch to the scattering. Our results are important for designing high brilliant sources of high frequency radiation.

P 24.7 Thu 15:30 SPA HS202

Models for radiation reaction in laser plasma simulation — ●NINA ELKINA — Ludwig-Maximilians University of Munich

In recent years much interest has been attracted to the problem of radiation reaction in a realm of high intensity laser fields. Rigorous approach to radiation reaction requires quantum treatment of the stochastic events of hard photon emission. In numerical simulation of plasma the quantum emission can be modelled by using Monte-Carlo sampling of proton emission. This method treats correctly the recoil on electrons due to emission of hard photons $\hbar\omega \geq 0.511$ MeV. At the same time, the relatively soft part of the photon spectrum below 0.511 MeV has to be ignored due to a limited numerical resolution. Our goal is to develop appropriate models which account for the radiation reaction due to soft and moderate energy photons. The first situation corresponds to the purely classical picture of the radiation reaction based on Lorentz-Abraham-Dirac or the Landau-Lifshitz equations. At somewhat higher photon energies the Fokker-Planck equation provides an attractive way to introduce the economical amount of quantum description for the radiation recoil as a diffusion in momentum space. We present an important application of the developed numerical techniques to the problem of relativistic scattering of electrons by a focused

laser field and test them against full quantum model. The results of numerical simulation using the classical and the Fokker-Planck models for the radiation reaction will be presented and analysed.

P 24.8 Thu 15:45 SPA HS202

Radiative particle-in-cell simulations - How synthetic diagnostics help to understand plasma structure and dynamics — ●RICHARD PAUSCH^{1,2}, ALEXANDER DEBUS¹, AXEL HUEBL^{1,2}, KLAUS STEINIGER^{1,2}, HEIKO BURAU^{1,2}, RENÉ WIDERA¹, and MICHAEL BUSSMANN¹ — ¹Helmholtz-Zentrum Dresden - Rossendorf — ²Technische Universität Dresden

We present recent results of plasma simulations performed with PICongGPU, a fully relativistic 3D particle-in-cell (PIC) code running on GPU clusters. We extended our code to compute the radiation spectra of all particles in the simulation based on classical Liénard-Wiechert potentials including full coherence and polarization properties. We discuss physics tests, scaling and show simulation results of laser-wakefield accelerator and astrophysical plasmas, for which we calculated angularly resolved spectra ranging from infrared to X-ray wavelengths. Such an extensive treatment of plasma radiation across billions of macro particles makes it possible to explore temporally resolved plasma radiation spectra on linear and logarithmic photon energy scales over large solid angles ("sky-maps").

This ability of obtaining quantitative spectral data in plasma simulations poses a unique tool for determining the phase space distribution of electrons. Since spectral information is readily accessible in experiments, our results can serve as a valuable input to new diagnostics.

P 25: Low Temperature Plasmas III

Time: Thursday 16:30–18:15

Location: SPA HS201

Invited Talk P 25.1 Thu 16:30 SPA HS201

Atmosphärendruck Plasmajet für die Untersuchung von grundlegenden Wechselwirkungsmechanismen zwischen Plasma und Bakterien — ●JAN BENEDIKT¹, SIMON SCHNEIDER¹, SIMON GROSSE-KREUL¹, VINCENT LAYES¹, JAN-WILM LACKMANN², FABIAN JARZINA², ELENA STEINBORN² und JULIA E. BANDOW² — ¹Fakultät für Physik und Astronomie, Ruhr-Universität Bochum — ²Fakultät für Biologie und Biotechnologie, Ruhr-Universität Bochum

Die Wechselwirkung von kalten Atmosphärendruckplasmen mit Bakterien oder Biomolekülen wird mit Hilfe eines Mikroplasmajets, der die Trennung von plasmagenerierten Photonen und reaktiven Teilchen in dem Plasmaeffluent realisiert, durchgeführt. Die Plasmaquelle wird mit einer He/Molekulargas-Mischung betrieben und erzeugt effektiv hohe Dichten von reaktiven Teilchen (O, Ozon, OH, N,...). Die Flüsse von diesen Teilchen auf ein Substrat lassen sich quantitativ mit Hilfe von Massenspektrometrie bestimmen und die Photonen werden qualitativ in dem Spektralbereich 50-300 nm analysiert. Die Trennung von Teilchen- und Photonenflüssen ermöglicht die Untersuchung der individuellen oder kombinierten Einflüsse von Photonen oder Reaktivteilchen auf verschiedene biologische Substrate. Die Ergebnisse der Behandlung von vegetativen Bakterien und Biomolekülen (DNA, Proteine) werden präsentiert und diskutiert.

P 25.2 Thu 17:00 SPA HS201

Modifikation durch Oberflächenreaktionen von O, O₃ und N an wachsenden SiO_xC_yH_z Schichten — ●KATJA RÜGNER, RÜDIGER REUTER, ACHIM VON KEUDEL und JAN BENEDIKT — Ruhr-Universität Bochum; Research Department Plasmas with Complex Interactions

Siliciumdioxid (SiO₂) ist ein viel verwendetes Material. Es findet Anwendung als Dielektrikum, als Diffusionsbarriereschicht oder als Kratz- und Korrosionsschutz. Besonders attraktiv für die Herstellung dünner SiO₂ Schichten sind Atmosphärendruckplasmen. Hierzu werden bevorzugt siliciumorganische Präkursoren verwendet, wie zum Beispiel Hexamethyldisiloxan (HMDSO, (CH₃)₃-Si-O-Si-(CH₃)₃). Ein reines He/HMDSO Plasma führt zu kohlenstoffhaltigen SiO_xC_yH_z Schichten. Durch die Beigabe von Oxidantien erhält man kohlenstofffreie, SiO₂-ähnliche Schichten. Diese Änderung der Schichtzusammensetzung findet primär an der Oberfläche statt. Ein sich drehendes Substrat bietet die Möglichkeit diese Oberflächenreaktionen zu untersuchen. Auf der einen Seite wird eine SiO_xC_yH_z Schichten mittels eines

reinen He/HMDSO Plasmas abgeschieden und auf der anderen Seite wird diese Schicht mit einem He/O₂ oder He/N₂ Plasma behandelt. Die Behandlung zeigt, dass die verschiedenen Spezies (O, O₃, N) unterschiedliche Änderungen in der Schichtzusammensetzung hervorrufen. Die Änderungen in der Schichtzusammensetzung wurden mittels Fourier-Transform-Infrarot-Spektroskopie untersucht.

P 25.3 Thu 17:15 SPA HS201

Untersuchung von Übergangspänomenen in Mikroplasmajets mit Hilfe von Breitband-Absorptionsspektroskopie (BBAS) und durchstimmbarer Laser-Absorptionsspektroskopie (TD-LAS) — ●STEFAN SPIEKERMEIER, MARC BÖKE und JÖRG WINTER — Experimentalphysik II, Ruhr-Universität Bochum, Germany

Atmosphärendruck-Mikroplasmajets können in zwei Modi betrieben werden. Im α -mode erstreckt sich die Entladung auf das ganze Volumen zwischen den Elektroden. Durch Erhöhen der Leistung geht der Jet in den constricted-mode (CM) über. Hierbei zieht sich die Entladung auf einen kleinen Bereich an der Spitze der Elektroden zusammen, was zu einer erhöhten Plasmadichte führt. Die Untersuchung des Übergangs zwischen beiden Modi ist ein zentraler Punkt für das Verständnis der Entladungsdynamik. Dabei spielen Metastabile eine wichtige Rolle, da sie für einen Großteil der Anregungs- und Ionisationsprozesse verantwortlich sind. Mit Hilfe von BBAS und TDLAS werden Metastabilendichten im α - und CM einer Parallelplattenentladung gemessen. Da im CM durch die hohe Leistungsdichte schnell Schäden an den Elektroden auftreten, werden die Messungen gepulst durchgeführt. Die Entladung kann entweder durch Erhöhung der Leistung oder mittels eines gepulsten Lasers in den CM überführt werden. In einem zweiten Jettyp mit auseinanderlaufenden Elektroden wird eine selbstpulsende Entladung gezündet. Das Plasma zündet im CM beim kleinsten Elektrodenabstand und läuft entlang der Elektroden zur Spitze des Jets. Dieser Entladungstyp weist sowohl Merkmale des α - als auch des CM auf.

P 25.4 Thu 17:30 SPA HS201

Entwicklung und Untersuchung eines Atmosphärendruck-Mikroplasma-Jets zur Erzeugung von Siliziumnanokristallen — ●BARBARA BARWE und JAN BENEDIKT — Gekoppelte Plasma-Festkörper-Systeme, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum

Siliziumnanokristalle (SiNC) eröffnen aufgrund ihrer hohen Photolumineszenzeffizienz und spektralen Durchstimbarkeit neue Möglichkeiten in vielen Forschungsbereichen, z. B. in der Entwicklung

von elektronischen und optischen Bauteilen, einschließlich Solarzellen und Einzelelektronentransistoren. Weitere Anwendungsgebiete sind nanoelektronische Schaltelemente oder die Anwendung als lumineszierende Indikatoren in der Biomedizin.

Jedoch ist die Produktion der SiNC mit Herausforderungen verknüpft. Während des Herstellungsprozesses muss die Kristallinität der Partikel erreicht und eine Agglomeration vermieden werden. Darüber hinaus muss die Oxidation der Kristalle verhindert werden.

In unserem Experiment werden SiNC mit Hilfe eines Atmosphärendruck-Mikroplasma-Jet-Systems generiert. Ein zweistufiger Aufbau ist für die Herstellung der Nanopartikel geplant. Die Kristalle werden bereits in einem ersten DC Mikroplasma synthetisiert und in einem dahinter gereihten Plasma sollen die Partikel künftig oberflächenpassiviert werden, welches sich zur Zeit im Aufbau befindet.

Untersuchungen zur Kristallinität und Photolumineszenz der Nanokristalle mittels HRTEM-, Laserstreuungs- und Photolumineszenzmessungen der unter verschiedenen Bedingungen erzeugten SiNC werden vorgestellt.

P 25.5 Thu 17:45 SPA HS201

Hydrophilic finishing of PE and PP films using plasma treatment — •DIETER F. IHRIG, RONNY BRAND, MARIUS GLADE, CARL SCHULZ, and SASCHA STEFFEN — FH Suedwestfalen, Interdisciplinary Centre for Lifesciences, Frauenstuhlgweg 31, 58644 Iserlohn, Germany

To harvest atmospheric water (dew) we use polymer films (LDPE/LLDPE) which allows cooling down a device just by looking through the atmospheric window at 8 to 13 micron into the cold upper atmosphere. First results from such tools are published in [1]. Problems are resulting of the very high hydrophobic properties of PE. Conventional plasma based procedures are able to generate polar groups on the surface of polymers, but they are not stable. To produce stable coatings on PE and PP we used a plasma polymerization process with HMDSO, TEOS or GMA. By this we are able to generate a contact

angle on the film of 55 to 70 degr. which is stable over several months. Such a technique is also interesting as a pretreatment for printing on films with water based lacquer. It will be given an introduction in winning water using radiation exchange and results of field-tests. The changing contact-angle over the time on plasma treated films will be shown. Results of ATR-IR-spectroscopy and AFM are given. The project was funded by the German Federal Ministry of Education and Research (FKZ 02WD0458) [1] Jour. Phys. Chem. of the Earth, Elsevier 33, 86 - 91 (2008)

P 25.6 Thu 18:00 SPA HS201

Abbau von Mykotoxinen durch Einsatz kalter Atmosphärendruck-Plasmen am Beispiel DON — •LARS TEN BOSCH¹, GEORG AVRAMIDIS¹, KATHARINA DÖLL², STEPHAN WIENEKE¹, PETR KARLOVSKÝ² und WOLFGANG VIÖL¹ — ¹Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst HAWK, Von-Ossietzky-Strasse 99, 37085 Göttingen, Deutschland — ²Georg-August-Universität Göttingen, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Grisebachstrasse 6, 37077 Göttingen, Deutschland

In diesem Beitrag stellen wir die Behandlung des von Fusarien gebildeten Toxins Deoxynivalenol (DON) mittels Atmosphärendruckplasmen vor. Wir zeigen, dass sich die Konzentration des Mykotoxins durch Anwendung eines dielektrisch behinderten Atmosphärendruck-Plasmas deutlich reduzieren lässt. Es werden Einflüsse verschiedener Parameter wie z.B. der Einfluss der Leistungsdichte auf die Abbauraten des Toxins dargestellt. Die Abbauraten des DON bei unterschiedlichen Leistungsdichten wurden mittels Triple Quadrupol GC/MS bzw. LC/MS-Ionenfalle bestimmt. Ähnliche Ergebnisse zeigen sich auch bei der Plasmareduzierung von Zearalenon (ZEA). Darüber hinaus wurde die Eignung röntgenspektroskopischer Messungen zur Analyse von Mykotoxinproben, sowie deren Eignung zur Bestimmung des Grades der Reduzierung nach einer Plasmabehandlung untersucht.

P 26: Laser Plasmas II

Time: Thursday 16:30–17:15

Location: SPA HS202

P 26.1 Thu 16:30 SPA HS202

Influence of laser contrast, foil thickness and material on laser driven proton acceleration — •GEORG A. BECKER¹, JENS POLZ¹, OLIVER JÄCKEL^{1,2}, AJAY KAWSHIK ARUNACHALAM^{1,2}, ROBERT BRÜNING¹, MARCO HORNING^{1,2}, SEBASTIAN KEPPLER¹, HARTMUT LIEBETRAU¹, MARCO HELLWING¹, FRANK SCHORCHT^{1,2}, THEODOR SCHLEGEL², and MALTE C. KALUZA^{1,2} — ¹Institut für Optik und Quantenelektronik, 07743 Jena, Germany — ²Helmholtz Institut Jena, 07743 Jena, Germany

In a laser-plasma experiment using the fully diode-pumped Yb:glass POLARIS laser system which currently delivers pulses with 4 J energy and 150 fs duration at a repetition rate of 1/40 Hz on target, we investigated the influence of foil thickness, material and pulse contrast on the maximum achievable proton energy.

For this we used copper, silver, gold, aluminium and tantalum foils with different thicknesses from a few 10 micrometers down to 100 nanometers. Furthermore the influence of the pulse contrast was investigated by using a fast Pockels cell and an alternative front-end based on XPW (cross-polarized wave generation).

Significant differences between the different target thicknesses and materials were observed for different contrast ratios which will be discussed in this presentation.

As an approach for the explanation for our findings, we performed hydrodynamic simulations to study the influence of the target's ion species the laser-generated preplasma and the influence of this preplasma on the acceleration process.

P 26.2 Thu 16:45 SPA HS202

Charakterisierung von Plasmataregets für Laser Wakefield Experimente — •ALEXANDER KÖHLER^{1,2}, JURJEN COUPERUS^{1,2}, AXEL JOCHMANN^{1,2}, ARIE IRMAN¹ und ULRICH SCHRAMM^{1,2} — ¹Helmholtz-Zentrum Dresden - Rossendorf, 01328 Dresden, Deutschland — ²Technische Universität Dresden, 01062 Dresden, Deutschland

Heutige auf Radiofrequenz (RF) basierende Beschleuniger stoßen an ihre räumlichen und finanziellen Grenzen, da mit ihnen keine elektri-

schen Feldgradienten größer als 100 MV/m erzeugbar sind. Mit plasmabasierten Beschleunigern sind Feldgradienten realisierbar, die bis zu drei Größenordnungen höher liegen.

Der Entwurf und die Fertigung einer 30 mm lange Quarzkapillare mit einem quadratischen Querschnitt von 0,3 mm wird beschrieben. Ein dazugehörige Aufbau zur Erzeugung des Plasmakanals in der mit Helium gefüllten Kapillare und zur longitudinalen interferometrischen Vermessung der Plasmadichte wird erklärt.

P 26.3 Thu 17:00 SPA HS202

Realizing a laser-driven electron source applicable for radiobiological tumor irradiation — •MARIA NICOLAI¹, ALEXANDER SÄVERT¹, MARIA REUTER^{1,2}, MICHAEL SCHNELL¹, JENS POLZ¹, OLIVER JÄCKEL^{1,2}, LEONHARD KARSCH³, MICHAEL SCHÜRER³, MELANIE OPPELT³, JÖRG PAWELKE^{3,4}, and MALTE C. KALUZA^{1,2} — ¹Institute of Optics and Quantum Electronics, Jena — ²Helmholtz-Institute Jena — ³OncoRay, National Center for Radiation Research in Oncology, Dresden — ⁴Institute of Radiation Physics, Dresden

Laser-accelerated electron pulses have been used to irradiate human tumors grown on mice's ears during radiobiological experiments [1]. These experiments have been carried out with the JETI laser system at the Institute of Optics and Quantum Electronics in Jena. To treat a total of more than 50 mice, a stable and reliable operation of the laser-electron accelerator with a dose rate exceeding 1 Gy/min was necessary. To achieve this, a sufficient number of electrons at energies in excess of 5 MeV had to be generated. The irradiation time for a single mouse was a few minutes. Furthermore, these particle-pulses' parameters needed to remain achievable for a time period of several weeks. Due to the on-line detection of the radiation dose, the unavoidable shot-to-shot fluctuations, currently still typical for laser-based particle accelerators, could be compensated. The results demonstrate that particle pulses generated with laser-based accelerators have the potential to be a future alternative for conventional particle accelerators used for the irradiation of tumors. [1] M. Nicolai *et al.*, Appl. Phys. B, DOI 10.1007/s00340-013-5747-0 (2013)

P 27: Theory of nonideal Plasmas

Time: Friday 10:30–13:00

Location: SPA HS201

Invited Talk

P 27.1 Fri 10:30 SPA HS201

Production and Diagnostics of dense matter — ●ERIK BRAMBRINK¹, ALESSANDRA BENUZZI-MOUNAIX¹, TOMMASO VINCI¹, NOROU AMADOU¹, GAEL HUSER², GUILLAUME MORARD³, FRANCOIS GUYOT³, THIBAUT DE RESSEGUIER⁴, STEPHANE MAZEVET⁶, NORIMASA OZAKI⁵, MICHEL KOENIG¹, and KOHEI MIYANISHI⁵ — ¹LULI UMR7605 CNRS - CEA - Ecole Polytechnique - Université Pierre et Marie Curie, Palaiseau, France — ²CEA,DAM,DIF, F-91297 Arpajon — ³Université Paris Diderot. IMPMC. IGP. CNRS. Université Pierre et Marie-Curie, Paris, France — ⁴Institut PPrime. CNRS. ENSMA. Université de Poitiers, Poitiers, France — ⁵Graduate school of engineering, Osaka university, Suita, Osaka 565-0871, Japan — ⁶LUTH, UMR 8102 Observatoire de Paris, CNRS Université Paris Diderot, Meudon, France

High energy lasers are a unique tool to create high pressure states above 10 Mbar at ns time scales, which allow to study materials under these extreme conditions. These conditions are, for example, comparable with planetary cores, where material properties play an important role for the properties and evolution of a planet. The rapid compression allows also to study dynamic effects of phase transitions.

We will present recent results of laser compression of iron reaching conditions of so called super-Earth cores. A description of the compression schemes as well as present and future diagnostics is presented.

P 27.2 Fri 11:00 SPA HS201

Relativistic Frequency Synthesis of Light Fields — ●CHRISTIAN RÖDEL^{1,2}, ERICH ECKNER¹, JANA BIERBACH^{1,2}, MARK YEUNG^{2,3}, BRENDAN DROMEY³, THOMAS HAHN⁴, SILVIO FUCHS^{1,2}, ARPA GALESTIAN¹, MARTIN WÜNSCHE¹, STEPHAN KUSCHEL^{1,2}, DIRK HEMMERS⁴, GEORG PRETZLER⁴, MATTHEW ZEPF^{2,3}, and GERHARD PAULUS^{1,2} — ¹Institut für Optik und Quantenelektronik, Friedrich-Schiller-Universität, Jena — ²Helmholtz-Institut Jena — ³Centre for Plasma Physics, Queen's University Belfast, United Kingdom — ⁴Institut für Laser- und Plasmaphysik, Universität Düsseldorf

High harmonic generation from relativistically oscillating plasma surfaces typically exhibits a shallow, but generally decaying, spectral slope. We observed, however, an enhanced emission of particular harmonics for extremely steep plasma gradients approaching a step-like plasma density ramp. Numerical simulations reproduce the observations when matching the plasma conditions to those in the experiment and reveal a strong excitation of the surface plasma mode with the plasma frequency. A simple model of nonlinear frequency synthesis is able to explain the measured harmonic spectrum when relativistic nonlinear effects are taken into account. This novel type of relativistic nonlinearity may lead to a tunable, coherent XUV source of high efficiency.

P 27.3 Fri 11:15 SPA HS201

Using XFELs for Probing of Complex Interaction Dynamics of Ultra-Intense Lasers with Solid Matter — ●THOMAS KLUGE¹, CHRISTIAN GUTT², LINGEN HUANG¹, MALTE ZACHIAS¹, ULRICH SCHRAMM¹, MICHAEL BUSSMANN¹, and THOMAS E. COWAN¹ — ¹Helmholtzzentrum Dresden-Rossendorf — ²Universität Siegen

We demonstrate the potential of X-ray free-electron lasers (XFEL) to advance the understanding of complex plasma dynamics by allowing for the first time nanometer and femtosecond resolution at the same time in plasma diagnostics. Plasma phenomena on such short timescales are of high relevance for many fields of physics, in particular in the ultra-intense ultra-short laser interaction with matter. Highly relevant yet only partially understood phenomena may become directly accessible in experiment. These include relativistic laser absorption at solid targets, creation of energetic electrons and electron transport in warm dense matter, including the seeding and development of surface and beam instabilities, ambipolar expansion, shock formation, and dynamics at the surfaces or at buried layers. We demonstrate the potentials of XFEL plasma probing for high power laser matter interactions using exemplary the small angle X-ray scattering, resonant coherent X-ray diffraction imaging and photon correlation spectroscopy, focusing on general considerations for XFEL probing.

Invited Talk

P 27.4 Fri 11:30 SPA HS201

Theory of high energy density matter — ●JAN VORBERGER —

Max-Planck-Institut für die Physik komplexer Systeme, Dresden, Germany

High energy density matter naturally occurs in the interior of planets. It is created in laboratories to experiment on fusion for energy production and to study these novel states in detail. Densities for this state of matter routinely exceed those of known solid materials but there is a lack of long range order in the ionic subsystem. The electrons are partially degenerate and contribute the main part of the pressure of the system. Ionization is a very dynamic phenomenon and is controlled by a complex interplay of temperature and pressure ionization, and changing electronic states. Here, it is shown how a body of knowledge for this state of matter was generated by a combination of new experimental capabilities and new theoretical methods over the last 10 years. It is demonstrated, how a precise modelling of the electronic structure factor leads to an unprecedented accuracy of measurements of the ion structure, the equation of state, and energy relaxation properties. Such possibilities then lead to new and exciting ways to test the latest theoretical predictions. These rely heavily on finite temperature density functional molecular dynamic simulations, a widely employed tool, as well as on more traditional quantum statistics methods. Their advantages and shortcomings are discussed and possibilities of the new x-ray free electron lasers are sketched to advance the theoretical modelling of high energy density matter.

P 27.5 Fri 12:00 SPA HS201

Scaling of Optical Free-Electron Lasers in Traveling-Wave Geometries — ●KLAUS STEINIGER, ALEXANDER DEBUS, MICHAEL BUSSMANN, and ROLAND SAUERBREY — Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf, Dresden, Germany

Optical free electron lasers in the X-ray range using high power lasers are difficult to realize in the standard head-on Thomson-scattering geometry. Problems arise from the nonlinear Thomson intensity threshold and the Rayleigh-length limiting the interaction distance which prevent the SASE process to occur.

These limits can be circumvented in a Travelling-wave Thomson-scattering (TWTS) geometry, in which ultrashort and narrow-band light pulses in the X-Ray region of the spectrum are created by scattering high intensity laser pulses from relativistic electron bunches. TWTS uses lasers with a pulse front tilt in a sidescattering geometry to scale the interaction length into the centimeter to meter range with undulator periods in the region of one hundred to a few hundred micrometer.

Starting from a fully 3D, wave-optical representation of the TWTS pulse, including its dispersion properties, we present a self-consistent 1.5D FEL-theory which accounts for the coupling of the obliquely incident laser pulse to the electron dynamics. Furthermore, we give scaling laws on the interaction geometry and FEL-amplification with respect to incidence angle and electron beam parameters. Using these findings we discuss possible experimental scenarios and its requirements on laser pulses and electron beams.

P 27.6 Fri 12:15 SPA HS201

Adaptive-Particle-Refinement for PIC Simulations — ●NILS MOSCHÜRING and HARTMUT RUHL — Ludwig-Maximilians-Universität, Munich, Germany

Particle-in-cell (PIC) codes commonly employ a finite element method in order to solve Vlasov's equation and a finite-difference-time-domain method to solve Maxwell's equations. The number of employed quasi-elements in the finite element solver is significant for the reliability of the obtained results. In most cases it is also the defining property when evaluating the computational demands of a given simulation. Thus it is regarded to be very useful to dynamically adapt this number. We have developed an adaptive-particle-refinement (APR) algorithm which dynamically adapts the number of quasi-particles during a simulation while conserving the total momentum, total energy and total charge. It introduces no unphysical divergence in the electromagnetic fields. It can either increase the number of quasi-particles by splitting them or decrease the number by merging them. This can be useful in various situations: 1. The number of quasi-particles is an important property which determines the signal-to-noise ratio for various derived quantities. 2. In cases where the charge density is not conserved, numerical algorithms can lead to a steep increase in quasi-particles and

thus computational demand. Quasi-particle merging can counteract this. 3. When performing Monte-Carlo-Collisional (MCC) simulations it is imperative to have quasi-particles with comparable or equal weight in order to achieve statistical significance. 4. It represents an important step in order to implement Adaptive-Mesh-Refinement-PIC (AMR-PIC).

P 27.7 Fri 12:30 SPA HS201

Kinetic simulations of plasma instabilities — ●BENEDIKT STEINBUSCH^{1,2}, PAUL GIBBON^{1,3}, and RICHARD SYDORA⁴ — ¹Institute for Advanced Simulation, JSC, Forschungszentrum Jülich GmbH, 52425 Jülich — ²Institut für Laser- und Plasmaphysik, Heinrich Heine Universität Düsseldorf, 40225 Düsseldorf — ³Centre for Mathematical Plasma Astrophysics, Department of Mathematics, Katholieke Universiteit Leuven, Belgium — ⁴Department of Physics, University of Alberta, Edmonton, Alberta T6G2E1, Canada

Magnetically confined plasmas can be subject to the Kelvin-Helmholtz (KH) instability when an inhomogeneous electric field is crossed with the confining magnetic field, creating a sheared drift velocity. We investigate this instability in the kinetic, high-frequency regime where the ion cyclotron radius is comparable to or larger than the characteristic width of the shear flow.

First, we perform kinetic simulations of a conventional KH setup with a homogeneous plasma density using our mesh-free treecode PEPC. We compare our results to both analytic fluid theory for the linear growth phase and previous computations performed with a Particle-in-Cell simulation.

Having established the validity of the mesh-free technique, we proceed to study the more complex case of a plasma-vacuum interface,

where a sheared electric field arises naturally due to a difference in larmor radii of different species. Here, we also compare the treecode to PIC simulations, focussing on the long-term, non-linear evolution of the system.

P 27.8 Fri 12:45 SPA HS201

Unleashing PFlop/s for Plasma Science with PIconGPU — ●AXEL HUEBL¹, RENÉ WIDERA¹, HEIKO BURAU¹, FELIX SCHMITT², RICHARD PAUSCH¹, BENJAMIN SCHNEIDER¹, GUIDO JUCKELAND², and MICHAEL BUSSMANN¹ — ¹Helmholtz-Zentrum Dresden - Rossendorf, Dresden, Deutschland — ²Zentrum für Informationsdienste und Hochleistungsrechnen, TU Dresden, Deutschland

PIconGPU is a massively parallel open source particle-in-cell (PIC) code written for CUDA capable graphics cards (GPUs). PIC codes are used to model fully relativistic electro-magnetic interactions between particles and discrete mesh points (fields) in a self-consistent manner. That allows for ab-initio simulations ranging from astrophysical scenarios like emerging plasma instabilities to modern laser-driven particle accelerators like the laser-wakefield accelerator (LWFA).

In this talk, we will present the strategy to port a non-trivial algorithm to a modern, massively parallel hardware architecture like GPUs. We give a short introduction in our free multi-GPU framework libPMacc for general mesh and particle based simulations. Based on that, scalings up to 18,000 GPUs on the Titan supercomputer (Oak Ridge National Lab) will be discussed.

Applications will include results of in-situ far field radiation diagnostics for the relativistic Kelvin-Helmholtz-Instability (KHI) by evolving billions of electrons and calculating their individual Liénard-Wiechert potential for arbitrary directions and frequencies on the fly.

P 28: Diagnostics II

Time: Friday 10:30–12:00

Location: SPA HS202

Invited Talk

P 28.1 Fri 10:30 SPA HS202

Diagnostische Spiegel: Herausforderung für ITER — ●ANDREY LITNOVSKY — IEK 4 Forschungszentrum Jülich D-52425 Jülich Germany

Aufgrund der extremen Neutronen- und Teilchenflüsse in ITER, werden bei allen optischen Diagnostiken Spiegel für die Plasmabeobachtung benutzt. Allerdings können die Spiegel ihre Reflektivität durch Plasmabeaufschlagung verlieren und damit die Funktionsfähigkeit entsprechender Diagnostiken beeinträchtigen. Da in ITER mehrere spiegel-basierte Systeme zur Maschinensicherheit dienen, ist bei Ausfall eines solchen Diagnostiksystems kein weiterer Plasmabetrieb möglich.

Aufgrund der Zerstäubung der Spiegeloberfläche durch schnelle Plasmateilchen, der Spiegel wird rau, wodurch die gerichtete Reflektivität vermindert wird. Außerdem, die Spiegel sind extrem empfindlich zu Ablagerung: eine Kontaminationsschicht von nur ca. 20 nm Dicke ist ausreichend für Minderung der Reflektivität im ultravioletten Bereich um mindestens 30%.

Um die Zerstäubung und die Ablagerung zu bekämpfen, wurde ein präzedentloses internationales Forschungsprogramm organisiert, welches bereits Erfolge erzielt hat. So hat sich gezeigt, daß bei Einkristallspiegeln eine hervorragende Beibehaltung der optischen Eigenschaften während Zerstäubung nachgewiesen worden. Ein in-situ Spiegelreinigungssystem und optische Kanäle werden verwendet, um die Spiegel von Ablagerung zu schützen. Die entwickelte Geometrie dieser Kanäle hilft, die Plasmaverunreinigungen abzufangen. Eine Übersicht über Experimente und Modellierung sowie offene Fragen werden im Vortrag präsentiert und diskutiert.

P 28.2 Fri 11:00 SPA HS202

Zündphase eines Silizium-basierten Mikroplasma-Arrays durch Anregung mit Pulszügen — ●JUDITH GOLDA¹, VOLKER SCHULZ-VON DER GATHEN¹ und LAWRENCE OVERZET² — ¹Experimentalphysik II, Ruhr-Universität Bochum, Bochum, Deutschland — ²University of Texas at Dallas, Texas, USA

Mikroplasma-Arrays mit pyramidalen Kavitäten (hergestellt in der Gruppe von G. Eden, UIUC) werden mit einer bipolaren Dreiecksspannung (10 kHz, ~800 V_{pp}) in Argon bei Atmosphärendruck betrieben. Sie zeigen dabei in phasenaufgelösten optischen Emissionsmessungen (PROES) bei Integration über mehrere Anregungszyklen dynamische Emissionsstrukturen innerhalb eines Entladungszyklus. Mit Simulatio-

nen wurde dagegen aufgrund der Komplexität nur der Beginn des ersten Entladungszyklus einzelner Kavitäten untersucht, sodass die verursachenden Prozesse und die beteiligten Spezies noch weitestgehend unbekannt sind. Im vorgestellten Projekt wurde daher die Zündphase anhand von elektrischen und optischen Messungen durch die Anregung mit Pulszügen untersucht. Die Ergebnisse der Emissionsmessungen zeigen, dass sich die Initialzündung in ihrem Zündverhalten deutlich von den nachfolgenden Anregungszyklen unterscheidet und ein Einschwingprozess stattfindet, der auf den Memory-Effekt zurückgeführt werden kann. Dieser Einschwingprozess weist Asymmetrien bezüglich der Polarität der Anregungsspannung auf. Ein Vergleich mit PROES-Messungen, die über eine Halbperiode des Anregungszyklus integriert wurden, zeigt nicht nur eine zeitliche, sondern auch eine räumliche Abweichung. Gefördert durch die DFG FOR 1123.

P 28.3 Fri 11:15 SPA HS202

Dynamik einer selbstpulsenden, kontrahierten Entladung in einem Mikro-Plasmajet — DANIEL SCHRÖDER, SEBASTIAN BURHENN und ●VOLKER SCHULZ-VON DER GATHEN — Experimentalphysik II, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum

Niedertemperatur-Mikroplasmaquellen, wie der RF-betriebene mikro-skalierte Atmosphärendruck-Plasmajet, besitzen großes Anwendungspotential, neigen aber zur Ausbildung von Instabilitäten, welche eine stabile und reproduzierbare Nutzung dieser, z.B. für biologische Messreihen, behindern. Eine prominente Instabilität ist der Wechsel von einer homogenen Glimmentladung (α -mode) zu einer kontrahierten Entladung mit hoher Leistungsdichte und charakteristischer Plasmaemission an den Oberflächen der Elektroden (γ -mode). An Atmosphärendruck entwickelt sich diese innerhalb kürzester Zeit zu einer thermischen Instabilität weiter (Arcing), welche durch die hohen Temperaturen zur Zerstörung des Jets führt. Durch die Wahl einer keilförmigen Elektrodenkonfiguration des Mikroplasma-Jets ist es möglich, eine neuartige Betriebsart zu realisieren, die sich durch die Koexistenz beider Entladungsmodi innerhalb des Entladungsvolumen auszeichnet. Diese ermöglicht die simultane Untersuchung beider Modi ohne eine Zerstörung des Jets. Globale elektrische Messungen von Strom und Spannung und phasenaufgelöste optische Emissionsspektroskopie (PROES) werden angewendet, um die transiente Dynamik dieses selbstpulsenden Entladungsphänomens zu untersuchen. Gefördert durch die DFG in der Forschergruppe FOR1123.

P 28.4 Fri 11:30 SPA HS202

Charakterisierung von Plasmaquellen mit einem multifunktionalen Plasma- und Beschichtungssensor — ●KLAUS ELLMER¹, THOMAS WELZEL², MICHAEL WEISE³ und KARSTEN HARBAUER¹ — ¹Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie, Hahn-Meitner-Platz 1, 14109 Berlin — ²Technische Hochschule Mittelhessen, Campus Gießen, Wiesenstr. 14, 35390 Gießen — ³Optotransmitter-Umweltschutz-Technologie e.V. Köpenicker Landstr. 325, 12555 Berlin

Mit dem in unserer Arbeitsgruppe kürzlich entwickelten multifunktionalen Plasma- und Beschichtungssensor (Ref. [1]) wurden verschiedene Plasmaquellen untersucht: - Magnetronsputterquelle, - HF-Ionenquelle und - ECR-Plasmaquelle. Durch die Kombination einer Schwingquarz-Abscheideratenmessung, einer Langmuir-Sondenmessung zur Ermittlung der Ladungsträgerdichten, Potenziale und mittleren Elektronenenergie des Plasmas sowie der Bestimmung des integralen Energieeinstroms auf die wachsende Schicht durch Messung der Temperatur des Schwingquarzes, können die Teilchenströme (Ionen, Elektronen, Neutralteilchen) beim Schichtwachstum oder Schichtabtrag bestimmt werden. Die kompakte Bauweise des multifunktionalen Plasma- und Beschichtungssensor erlaubte es, in kurzer Zeit die radialen und axialen Charakteristiken der Plasmaquellen zu vermessen und aus den Einzelgrößen das Ionen-Neutralteilchen-Verhältnis für die Beschichtungs- bzw. Ätzprozesse zu berechnen.

[1] T. Welzel, M. Kellermeier, K. Harbauer, K. Ellmer, Appl. Phys. Lett. 102 (2013) 211605.

P 28.5 Fri 11:45 SPA HS202

Einfluss kinetischer Effekte auf das Spektrum resonanzspektroskopischer Sonden — ●JENS OBERRATH und RALF PETER BRINKMANN — Theoretische Elektrotechnik, Ruhr-Universität Bochum, Bochum

Aktive Plasmaresonanzspektroskopie (APRS) stellt eine industriekompatible Plasmadiagnostik dar und wurde in der Vergangenheit in vielen unterschiedlichen Bauformen realisiert. Zwei bestimmte Bauformen sind die Impedanz- (IP) und die Multipol-Resonanz-Sonde (MRP). Bei der Verwendung der APRS im Druckbereich von wenigen Pascal stellt sich die Frage, ob kinetische Effekte einen signifikanten Einfluss auf das gemessene Spektrum haben. Zur Untersuchung dieser Frage ist ein kinetisches Modell der APRS nötig [1]. Mit Hilfe funktionalanalytischer Methoden kann ein solches kinetisches Modell zur IP und MRP gelöst werden, um das Spektrum zu den beiden Sonden zu ermitteln. Die kinetisch berechneten Spektren zeigen deutlich eine Resonanzverbreiterung im Vergleich zu fluiddynamischen Rechnungen, die ausschließlich mit kinetischen Effekten erklärt werden kann. Somit ermöglicht die kinetisch berechnete Halbwertsbreite eine verbesserte Auswertung einer Messung mit der IP oder MRP zur Bestimmung der Elektronentemperatur.

[1] J. Oberrath, T. Mussenbrock, R.P. Brinkmann, Active plasma resonance spectroscopy: A kinetically functional analytic description, arXiv:1305.7253 [physics.plasm-ph]

P 29: Plasma Technology III

Time: Friday 14:00–15:30

Location: SPA HS201

Invited Talk P 29.1 Fri 14:00 SPA HS201
Wechselwirkung von kalten Nichtgleichgewichtsjetplasmen mit der Umgebung und mit Flüssigkeiten — ●STEPHAN REUTER — ZIK plasmatis at the INP Greifswald

Kalte Nichtgleichgewichtsplasmajets weisen Dynamische Prozesse auf, die als Plasmabullets bekannt geworden sind. Diese inzwischen auch als "guided Streamers" bezeichneten Vorgänge sind stark von der Umgebungsbedingungen abhängig. Im Vortrag wird mittels zeit- und orts aufgelöster Diagnostik die Wechselwirkung dieser Streamer mit ambienten Spezies untersucht und dargestellt, wie turbulenter Spezies-transport die Plasmadynamik beeinflusst [1]. Durch die Kombination von einer Diagnostik langlebiger Spezies mit einem simplen reaktionskinetischen Modell zeigt die Erzeugungsmechanismen und die relevantesten chemischen Reaktionen, die mit der Umgebung ablaufen [1-3]. Schlussendlich zeigt die Korrelierung von Plasmadiagnostik und Flüssigkeitsdiagnostik den Ursprung reaktiver Spezies in den Flüssigkeiten.

[1] S. Iseni et al, Atmospheric Pressure Streamer follows the Argon Air Boundary in an Argon Plasma Jet investigated by OH-Tracer PLIF Spectroscopy J. Phys. D. (subm) [2] S. Reuter et. al., Controlling the Ambient Air Affected Reactive Species Composition in the Effluent of an Argon Plasma Jet IEEE Trans. Plasma Sci, 40 (2012) 2788-2794. [3] Schmidt-Bleker et al, Reactive Species Output of a Plasma Jet with Shielding Gas Device - Combination of FTIR Absorption Spectroscopy and Gas Phase Modelling, J.Phys. D (subm.)

P 29.2 Fri 14:30 SPA HS201

Untersuchung des Flickerns thorierter Wolframkathoden in HID-Lampen — ●THOMAS HOEBING, PATRICK HERMANN, ANDRE BERGNER, CORNELIA RUHRMANN, STEPHAN HOLTRUP, JUERGEN MENTEL und PETER AWAKOWICZ — Ruhr-Universität, Universitätsstr. 150, 44801 Bochum

Eine Thoriumoxid Dotierung von Wolframkathoden für den Einsatz in Gleichstrom Hochdruck-Gasentladungslampen (HID-Lampen) erzeugt während des Betriebs eine Monolage mit Dipolcharakter aus Th Atomen auf der Elektrodenoberfläche. Durch diesen sog. Emitter-Effekt werden Austrittsarbeit und Betriebstemperatur der Elektrode gegenüber einer undotierten Kathode reduziert und damit deren Lebensdauer erhöht. Die thermische Desorption der Dipolschicht von der Elektrodenoberfläche wird sowohl durch einen rückführenden Th Ionenstrom aus dem Plasma, als auch durch Diffusionsprozesse in und auf der Elektrode kompensiert. Aufgrund des Temperaturgradienten in der Elektrode entstehen auf der Oberfläche der Kathode ringförmige Th Ablagerungen. Auf diese springt der Lichtbogen, wenn die Desorpti-

on an der Elektrodenspitze nicht durch Ionenstrom und Diffusion kompensiert und dadurch die Austrittsarbeit der Kathode kurzzeitig erhöht wird. Die Ursachen der Instabilität des Bogenansatzes (Flickern) und die vorübergehende Erhöhung der Austrittsarbeit werden anhand von pyrometrischen Messungen und photographischen Aufnahmen, verbunden mit materialtechnischen Untersuchungen, analysiert. Die Autoren danken der "Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG)" und PLANSEE SE für finanzielle Unterstützung.

P 29.3 Fri 14:45 SPA HS201

Untersuchung der Heißzündung von Xe-HID-Lampen für Autoscheinwerfer — ●ANDRE BERGNER, SVEN GRÖGER, THOMAS HÖBING, CORNELIA RUHRMANN, STEPHAN HOLTRUP, JÜRGEN MENTEL und PETER AWAKOWICZ — Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Allgemeine Elektrotechnik und Plasmatechnik, Bochum, Deutschland

Der hohe Xenon-Kaltfülldruck von 15bar in den untersuchten HID-Lampen hat eine hohe Zündspannung von ca. 20kV zur Folge. Die Zündspannung wird im Lampenbetrieb durch Verdampfen der Metallhalogenidzusätze und einer damit einhergehenden Verkleinerung der mittleren freien Weglängen weiter erhöht. Die vorliegende Arbeit befasst sich mit Zündhilfen, die die Zündspannung dieser Lampen auch im heißen Zustand deutlich reduzieren. Zum einen wird das Heißzündverhalten bei Verwendung einer DBD im Außenkolben als Zündhilfe untersucht. Andererseits werden das Heißzündverhalten und die Haltbarkeit von Zündhilfsantennen, die mit Hilfe eines PVD-Prozesses aufgebracht werden, getestet. Der Zündprozess der Lampe wird bei Anwendung der verschiedenen Zündhilfen sowohl mit elektrischen als auch optischen Methoden untersucht. Das wichtigste Kriterium ist dabei die Messung der Zündspannung, die eine eindeutige Aussage über die Wirksamkeit einer Zündhilfe liefert. Korreliert werden die elektrischen Messungen mit Kurzaufnahmen des Zündprozesses, die mit Hilfe einer ICCD-Kamera aufgenommen werden. Die Autoren möchten dem CATRENE SEEL project (CA502), dem BMBF (FKZ:16N11265), als auch U. Hechtfisher und G. Tohadse (Philips Aachen) für die Unterstützung danken.

P 29.4 Fri 15:00 SPA HS201

Charakterisierung des Einflusses der Mikrowellenanregung auf HID-Lampen — ●STEPHAN HOLTRUP¹, ANDRE BERGNER¹, THOMAS HÖBING¹, CORNELIA RUHRMANN¹, CHRISTOPH SCHOPP², HOLGER HEUERMANN², JÜRGEN MENTEL¹ und PETER AWAKOWICZ¹ — ¹Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Allgemeine Elektrotechnik und Plasmatechnik, Bochum — ²FH Aachen, Lehrgebiet für Hoch- und Höchstfrequenztechnik, Aachen

Die Lebensdauer von Hochdruckentladungslampen ist maßgeblich durch die thermische Belastung der Elektroden durch den Lichtbogen begrenzt. Die HID-Lampen für KFZ-Anwendungen, werden während der Hochlaufphase mit dem Vielfachen ihres Nennstroms betrieben, was eine hohe thermische Belastung der Elektroden zur Folge hat. Bei mikrowellenangeregten HID-Lampen wurden unterschiedliche Ansätzeformen des Bogens beobachtet, die einerseits durch die thermionische Emission hervorgerufen werden und mit dem Bogenansatz einer HID-Lampe im sogenannten switched DC Betrieb vergleichbar sind. Andererseits wurden Bogenansätze beobachtet, die eine kapazitive Kopplung zwischen der Elektrode und dem Lichtbogen aufweisen und durch eine geringere Elektrodenspitzen­temperatur charakterisiert sind. Der Bogenansatz im MW-Betrieb ist abhängig von der lokalen Spitzentemperatur der Elektrode und somit von der eingespeisten Leistung, die während des Hochlaufens der HID-Lampe stark variiert. Der Einfluss der Betriebsfrequenz und die Abhängigkeit der MW-Leistung auf die Elektrodentemperatur wurden mittels bildgebenden, pyrometrischen Verfahren untersucht.

P 29.5 Fri 15:15 SPA HS201

Untersuchungen zum Ersatz von Thorium in HID-Autoscheinwerfern — ●ALEXANDER ALEXEJEV, ANDRE BERGNER,

THOMAS HÖBING, CORNELIA RUHRMANN, STEPHAN HOLTRUP, JÜRGEN MENTEL und PETER AWAKOWICZ — AEPT, RUB

Die HID-Technologie gehört mittlerweile zu einer der Standardtechnologien in der Automobilindustrie. Die HID-Xenonscheinwerfer werden in einigen Modellen von Mercedes-Benz, BMW und Audi verbaut.

Die kommerziellen HID-Lampen enthalten geringe Mengen an Thorium. Die damit dotierten Wolframelektroden zeigen eine wesentlich höhere Belastbarkeit und Lebensdauer, als undotierte Elektroden. Durch einen gut funktionierenden Emittier-Effekt reduziert Thorium die Austrittsarbeit der Elektronen aus dem Elektrodenmaterial, was sich günstig auf die notwendige Stromdichte und die Elektrodentemperatur auswirkt. Die Suche nach einem Ersatz für das radioaktive Thorium ist eine der wesentlichen Aufgaben in der heutigen Forschung an HID-Lampen. Dabei steht die Erhaltung der momentan gängigen Lebensdauer im Vordergrund. Ein Maß dafür ist die Temperatur der Elektroden im Betrieb und im Anlauf der Lampe.

Es werden Ergebnisse zeit- und phasenaufgelöster pyrometrischer Temperaturmessungen präsentiert, mit denen verschiedene Lampenfüllungen getestet wurden. Die gezeigten Untersuchungen geben Aufschluss über die Ansätze und mögliche Kandidaten für den Ersatz von Thorium in den Autoscheinwerfern.

P 30: Plasma Wall Interactions

Time: Friday 14:00–16:15

Location: SPA HS202

Invited Talk

P 30.1 Fri 14:00 SPA HS202

The material system beryllium-nitrogen-deuterium: review of recent results — ●TIMO DITTMAR¹, R. P. DOERNER², M. KÖPPEN¹, A. KRETER¹, CH. LINSMEIER¹, M. OBERKOFER³, and T. SCHWARZ-SELINGER³ — ¹Institut für Energie- und Klimaforschung - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich, Germany — ²Center for Energy Research, UC San Diego, San Diego, USA — ³Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, 85748 Garching, Germany

Beryllium has been chosen as first-wall amour material in JET-ILW and ITER. Due to the usage of N seeding in current tokamaks and a possible use of N in ITER, the properties of the Be-N-D material system became of greater interest: Ion beam experiments [1] showed the formation of thermally stable Be₃N₂. Beryllium samples exposed to D-plasma in the linear plasma device PISCES-B showed a significant reduction in Be erosion rate with N seeding [2]. Measured N/Be and D/Be ratios in codeposits were independent of the N seeding rate (0.8% - 10% N seeding) [3]. Gas balance measurements for N seeded L-mode discharges in JET indicate strong N retention and show a potential increase in D retention [4], possibly due to ND₃ formation.

This paper will re-visit and evaluate the available data from the different experiments in order to build a consistent model of the processes relevant for plasma-material interactions in the Be-N-D material system.

[1] Oberkofler et. al., Nuc. Fus. **50** (2010) 125001 [2] T. Dittmar et al., Phys. Scr. **T145** (2011) 014009 [3] T. Dittmar et al., JNM **438** (2013) S988 [4] M. Oberkofler et al., JNM **438** (2013) S258

P 30.2 Fri 14:30 SPA HS202

Untersuchung von strahlungsverstärkter Zerstäubung von Wolfram unter fusionsrelevanten Bedingungen — ●SÖREN MÖLLER, VOLKER PHILIPPS und ARKADI KRETER — Forschungszentrum Jülich GmbH, Institut für Energie- und Klimaforschung - Plasmaphysik, EURATOM Association, 52425 Jülich, Germany

Wolfram ist für die Verwendung als Plasmawandkomponente in zukünftigen Fusionsanlagen geplant. Die hohe Resistenz gegen plasmainduzierte Zerstäubung durch leichte Elemente, insbesondere Wasserstoffisotope und Helium, ist dabei einer der Hauptvorteile. Diesem Vorteil kann entgegenstehen, dass die Zerstäubung bei hohen Teilchenflüssen und/oder hohen Temperaturen gegenüber den Raumtemperaturwerten erhöht ist, ähnlich wie für Graphit beobachtet (Radiation Enhanced Sublimation, RES). Dies wird in einer Reihe von Veröffentlichungen berichtet. Dafür verantwortlich könnten leichter gebundene Oberflächenatome (ad-atoms) sein, die bevorzugt sublimieren. Ursächlich können entweder bestrahlungsinduzierte Zwischengitteratome (RES-Modell) oder geschwächte Bindungen oberflächennaher W-atome bei hohen Teilchenflüssen (Inclusion-Modell) sein. Daneben gibt es mögliche Veränderungen der Oberflächenstruktur, die die Zerstäubung erhöhen können. Modelle zur RES, ioneninduzier-

te Oberflächenrauigkeit und Tröpfchenausstritt durch Blasenbildung werden diskutiert und mit Abtragungsmessungen im Oberflächentemperaturbereich von 600-2000°C verglichen.

P 30.3 Fri 14:45 SPA HS202

Influence of tungsten microstructure and ion flux on deuterium plasma-induced surface modifications and deuterium retention — ●LUXHERTA BUZI^{1,2,3}, GREG DE TEMMERMAN², MICHAEL REINHART¹, DMITRY MATVEEV¹, BERNHARD UNTERBERG¹, GUIDO VAN OOST³, PETER WIENHOLD¹, UWE BREUER¹, and ARKADI KRETER¹ — ¹IEK - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, Association EURATOM-FZJ, 52425 Jülich, Germany — ²FOM Institute DIFFER-Dutch Institute for Fundamental Energy Research, Edisonbaan 14, the Netherlands — ³Ghent University, Sint-Pietersnieuwstraat 41, B-9000, Ghent, Belgium

Tungsten is to be used as plasma-facing material for the ITER divertor due to its favourable thermal properties, low erosion and fuel retention. Bombardment of tungsten by low energy ions of hydrogen isotopes, at different surface temperature, can lead to surface modifications and influence the fuel accumulation in the material. This contribution will assess the impact of material microstructure and the correlation between the particle flux, surface modifications and deuterium retention in tungsten. Tungsten samples were exposed to deuterium plasma at a surface temperature of 510 K, 670 K and 870 K, ion energy of 40 eV and ion fluence of $10^{26} m^{-2}$. The high and low ion flux ranges were in the order $10^{24} m^{-2} s^{-1}$ and $10^{22} m^{-2} s^{-1}$. Depth profiling of deuterium in all the samples was done by secondary ion mass spectroscopy technique and a scanning electron microscope was used to investigate the surface modifications. Modelling of the D desorption spectra with the coupled reaction diffusion system model will be also presented.

P 30.4 Fri 15:00 SPA HS202

Bewertung von Aluminium als möglicher Ersatz für Beryllium in Experimenten zur Plasma-Wand-Wechselwirkung — ●MICHAEL REINHART, ARKADI KRETER, ALBRECHT POSPIESZCZYK, LUXHERTA BUZI und BERNHARD UNTERBERG — Forschungszentrum Jülich GmbH, Institut für Energie- und Klimaforschung - Plasmaphysik, EURATOM Association, 52425 Jülich, Germany

Beryllium, das als Wandmaterial in ITER verwendet wird, kann aufgrund seiner Toxizität nur in wenigen Plasmaanlagen exponiert werden. Daher verwendet man als Alternative zum Beispiel Aluminium, das aufgrund seiner ähnlichen chemischen Eigenschaften als Ersatz für Beryllium in Frage kommt.

Dieser Vortrag zeigt die Ergebnisse von Aluminium-Exponierungen im linearen Plasmagenerator PSI-2. Die Proben wurden in einem Deuterium-Plasma mit $T_e=10$ eV, $n_e=1 \cdot 10^{18} m^{-3}$ und einem Ionenfluss von $1 \cdot 10^{22} m^{-2} s^{-1}$ mit einer D₂-Ionenenergie von 40 eV exponiert. Um den Einfluss von Plasmaverunreinigungen zu untersuchen,

wurden Exponierungen sowohl mit reinem Deuterium, als auch mit zusätzlichen He- oder Ar-Verunreinigungen durchgeführt. Anschließend wurde die Deuterium-Rückhaltung, Oberflächenstruktur und die Zerstäubungsausbeute der Aluminiumproben untersucht.

Die Ergebnisse wurden mit Exponierungen von Beryllium im linearen Plasmagenerator PISCES-B verglichen. Es zeigt sich, dass die Veränderungen der Oberflächenmorphologie und der Zerstäubungsausbeute mit denen von Beryllium vergleichbar sind, während sich die Deuterium-Rückhaltung unterschiedlich verhält.

P 30.5 Fri 15:15 SPA HS202

Auswirkung der Geometrie kastellierter W-Strukturen auf den Teilchentransport in deren Spalten — ●M. HELLMIG¹, A. LITNOVSKY¹, D. MATVEEV¹, A. KIRSCHNER¹, A. PODOLNÍK², M. KOMM³, Y. KRASIKOV¹, CH. LINSMEIER¹ und DAS TEXTOR TEAM¹ — ¹Institut für Energie- und Klimaforschung - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, Assoziation EURATOM-FZJ, 52425 Jülich, Deutschland — ²Department of Surface and Plasma Science, Charles University, CZ-18000 Prague, Czech Republic — ³Institute of Plasma Physics AS CR, v.v.i., Za Slovankou 3, 182 00 Prague 8, Czech Republic

Die Innenwand von Fusionsreaktoren wird zur Reduktion von Rissen und zur Verminderung von Wirbelströmen in einzelne Zellen, den sog. kastellierten Strukturen, unterteilt. Dadurch wird die Wandoberfläche, welche radioaktives T speichern kann, um die Spaltenoberfläche vergrößert. Eine Einlagerung von T muss jedoch aus Sicherheitsgründen limitiert werden. Dieser Beitrag beschäftigt sich den Möglichkeiten den Teilchentransport und damit die T-Einlagerung mit der Geometrie zu beeinflussen. Dazu werden Monte Carlo Simulationen mit 3D-GAPS in Kombination mit dem Particle-in-Cell Code SPICE2 vorgestellt. Zur Validierung der Simulationen wurden TEXTOR Experimente mit zwei unterschiedlichen W-Geometrien durchgeführt. Eine rechteckige Geometrie, bei einem Winkel von 3° zum toroidalen Magnetfeld, wird gegenüber einer gerundeten und abgeschrägten Geometrie laut Simulation einem ~2,5-fach größeren Teilchenfluss ausgesetzt. Dieser Unterschied wurde mittels der C-Deposition in den Spalten gemessen.

P 30.6 Fri 15:30 SPA HS202

Investigation of high-Z metal transport and fuel retention in the TEXTOR tokamak — ●ARMIN WECKMANN¹, PETER STRÖM¹, PER PETERSSON¹, ARKADI KRETER², and MAREK RUBEL¹ — ¹KTH Stockholm, Sweden — ²Forschungszentrum Jülich, Germany

Fuel retention and transport of high-Z metal (e.g. W or Mo) impurities eroded from wall components in tokamaks is crucial for understanding material migration mechanism which may be decisive for the performance of next generation fusion devices. To understand these processes an experiment was carried out at the TEXTOR tokamak on the last operation day of that machine. A controlled injection of Molybdenum Hexafluoride (MoF₆), used as a tracer gas, was performed to determine the high-Z transport. This was accompanied by the injection of a nitrogen marker (¹⁵N isotope) to determine its accumulation in the machine. Following the experiment a large number of specimens were retrieved for ex-situ studies: (a) graphite and titanium short-term probes installed on test limiters only for that experiment and (b) components of the main toroidal and inner bumper limiters. Also dust samples from various locations were collected. The study is carried out by means of ion beam analysis methods, microscopy and thermal

desorption to measure quantitatively the amount and distribution of deuterium, nitrogen and high-Z species in dust and on various plasma-facing components.

P 30.7 Fri 15:45 SPA HS202

Multiscale modeling approach for self-consistent coupling of drift-fluid turbulence and macroscale transport in the tokamak plasma edge — ●FELIX HASENBECK¹, DIRK REISER¹, PHILIPPE GHENDRIH², YANNICK MARANDET³, PATRICK TAMAIN², and DETLEV REITER¹ — ¹IEK-4 - Plasma Physics, Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich, Germany — ²CEA Cadarache, DRFC/SPPF, Saint-Paul-lez-Durance, France — ³PIIM, CNRS/Université de Provence, Marseille, France

Plasma transport in the edge region of tokamaks occurs on a wide range of separated temporal and spatial scales. Iterative multiscale modeling approaches are investigated to split the problem into sub-systems which can then be solved independently. In the current work, the local, gradient driven version of the drift-fluid turbulence code ATTEMPT is used to resolve the microscale transport processes on the millimeter/microseconds scale. Macroscopic evolution of the density on the centimeter/milliseconds scale is described by a 1D code. Benchmarking of this code package against full global, flux driven ATTEMPT simulations shows that the time evolution of flux surface averaged radial density profiles can indeed be reproduced under the assumption of a diffusive macroscale transport model. Diffusion coefficients are in the range of 0.1 to 0.4 m²/s ($n_e \approx 10^{19} \text{ m}^{-3}$, $T_e = 100 \text{ eV}$, $B = 1 \text{ T}$) and in agreement with values typically chosen for macroscale transport simulations. Further extension of the approach providing a more solid physical basis for cross-field transport coefficients in fusion edge transport codes (currently free model parameters) will be outlined.

P 30.8 Fri 16:00 SPA HS202

Turbulence evaluation at PSI-2 by fast visible imaging — ●MICHAEL HUBENY, MICHAEL REINHART, ALEXANDER HUBER, and BERNHARD UNTERBERG — Institute for Energy and Climate Research - Plasma Physics, Forschungszentrum Juelich GmbH, EURATOM Association, Germany

Turbulent transport in the plasma edge poses a critical challenge for fusion reactors due to the high heat and particle fluxes on plasma facing components. Various chemical and physical processes lead to a deterioration of the surface morphology as well as the inner structure of wall materials. These processes depend strongly on the temperature and density of particles in their onset-threshold region. The turbulent, intermittent structures found in the edge of toroidal machines are also present in linear plasma devices, which running steady state, makes them ideal for studying properties of turbulence.

A fast CMOS camera with a typical time resolution of several 100.000 fps can resolve short turbulent events (blobs) in the linear plasma device PSI-2. Movies of the plasma were taken perpendicular from a side port and axial through the hollow plasma source.

Properties of the intermittent transport are evaluated by conditional averaging and other statistical methods to investigate the dependence of turbulence on discharge parameters and working gases. Intermittent transport events show a strong correlation to the global plasma rotation, thus they might be triggered by an m=1 instability, which appears as a 4 and 8 kHz Fourier component. The profile of the skewness supports the presence of blobs just outside of the density maximum.