

## P 8: Poster: Low Temperature Plasmas I

Time: Tuesday 16:00–18:00

Location: Lichthof

P 8.1 Tu 16:00 Lichthof

**Untersuchungen zur Stabilität der Sauerstoff-DC-Glimmentladung** — ●MARC BOGACZYK<sup>1</sup>, DIRK PASEDAG<sup>1</sup>, CHRISTIAN WILKE<sup>2</sup> und HANS-ERICH WAGNER<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Institut für Physik, E.-M.-Arndt-Universität Greifswald — <sup>2</sup>Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V., Greifswald

Die positive Säule der Glimmentladung ist Quelle vielfältiger Instabilitäten, die mit der Bildung negativer Ionen zusammenhängen [1]. In Fortsetzung vorangegangener Arbeiten konzentriert sich der Beitrag auf die systematische Charakterisierung der anodengerichteten T-Wellen in Abhängigkeit von den Betriebsparametern der Entladung. Sie treten in der T-Form (tiefer Gradient) der Säule auf. Der Übergang von der T-Form zur H-Form der Entladung und ihre Hysterese wird signifikant durch den Zustand der Rohrwand (Sputterbeschichtung in Katodennähe, Wandprozesse) beeinflusst. Die T-Wellen lassen sich extern in einem großen Frequenzbereich anregen und zeigen keine Dispersion. Es wurde nachgewiesen, dass sich die T-Form durch (äußere) inhomogene Magnetfelder im Katodenbereich völlig unterdrücken lässt. Dies kann ein Hinweis auf die Bedeutung von Katodenschwingungen für die Ausbildung der T-Wellen sein. Die numerische Analyse ergab, dass sie sich durch Überlagerung einer ungedämpften Schwingung mit einer fortschreitenden Welle darstellen lassen. Vergleichende statische und dynamische Messungen des axialen Gradienten spiegeln das komplexe dynamische Verhalten der Säule wider.

[1]: H. Testrich et al., *J. Phys. D: Applied Physics* 42 (2009) 145207  
Gefördert im Rahmen des SFB-TR 24, Teilprojekt B1

P 8.2 Tu 16:00 Lichthof

**VUV-Spektroskopie neutraler Spezies in der positiven Säule der Sauerstoff-DC-Glimmentladung** — ●HOLGER SPAHR und HANS-ERICH WAGNER — Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Institut für Physik, Felix-Hausdorff-Straße 6, 17489 Greifswald

Im Beitrag werden mittels VUV-Spektroskopie in Absorption die Grundzustandsdichten der Moleküle  $O_2(X^3\Sigma_g^-)$  sowie der metastabilen Moleküle  $O_2(a^1\Delta_g)$  in einem großen Parameterbereich gemessen. Erstmals gelingt auch die Bestimmung radialer Profile dieser Spezies. Die Ergebnisse stimmen gut mit Literaturwerten zur Modellierung der positiven Säule überein. Die Kenntnis radialer Profile der Metastabilen ist von Bedeutung für das Verständnis der Ausbildung von Instabilitäten in der Sauerstoff-DC-Glimmentladung, da sie über Reaktionen mit den negativen Ionen  $O^-$  deren Existenzbereiche beeinflussen. Über die Emission im VUV-Bereich werden relative Verläufe der angeregten Sauerstoffatome  $O(^3S)$  in Abhängigkeit von der eingespeisten Leistung gewonnen.

Die unabhängige Bestimmung der Dichten der Spezies und des Gasdrucks eröffnet eine einfache Möglichkeit zur Ermittlung radialer Profile der Gastemperatur.

Gefördert im Rahmen des SFB-TR 24, Teilprojekt B1

P 8.3 Tu 16:00 Lichthof

**Analysis of fast neutral oxygen atoms in capacitively coupled rf plasma** — ●KRISTIAN DITTMANN<sup>1</sup>, BERT KRAMES<sup>1</sup>, TIMO GANS<sup>2</sup>, and JÜRGEN MEICHSNER<sup>1</sup> — <sup>1</sup>University of Greifswald, Institute of Physics, Greifswald, Germany — <sup>2</sup>Queen's University Belfast, Centre for Plasma Physics, Belfast, Northern Ireland

Measured axially and temporally (RF phase) resolved plasma induced optical emission of the atomic oxygen, e.g. at 777.4 nm, together with PIC-MCC simulation have been shown characteristic excitation patterns in front of the powered electrode. The different pattern have their origin in electron impact excitation due to electron heating during the sheath expansion phase, energetic electrons in the sheath collapse phase due to electric field reversal, secondary electrons including electrons from detached negative ions, and the electronic excitation due to heavy particle collisions. Furthermore, the analysis of positive ions at the powered electrode by means of energy resolved mass spectrometry and PIC-MCC simulation provide information on the energetic ion current. The observed excitation of atomic oxygen by heavy species collision is coupled with the energetic ion flux. First measurements of the emission line profile of the excited atomic oxygen due to heavy particle collision show Doppler-shifted fractions of fast neutral oxygen atoms. These fast oxygen atoms, either backscattered from the

powered electrode in connection with the incoming energetic ion flux, or created by charge transfer collisions in the plasma sheath, may be excited in collisions with the background gas.

P 8.4 Tu 16:00 Lichthof

**Laser induced fluorescence spectroscopy of  $N_2(A^3\Sigma_u^+, \nu = 0)$  and absolute density calibration by Rayleigh scattering** — ●SEBASTIAN NEMSCHOKMICHAL, FRANK BERNHARDT, BERT KRAMES, and JÜRGEN MEICHSNER — University of Greifswald, Institute of Physics, Greifswald, Germany

Laser induced fluorescence spectroscopy (LIF) is applied to a 13.56 MHz rf discharge (CCP) in nitrogen from 40 to 1000 Pa to measure absolute densities of the first metastable  $N_2(A^3\Sigma_u^+, \nu = 0)$  state. The dye laser excites at 687.44 nm to the  $N_2(B^3\Pi_g, \nu = 3)$  state which afterwards fluoresces to the  $N_2(A^3\Sigma_u^+, \nu = 1)$  state at 762 nm. The fluorescence light is separated via a monochromator and detected by a photomultiplier tube.

Besides axial profiles of relative densities the temporal evolution of the LIF signal is investigated to distinguish the effective lifetime of the excited state depending on pressure. These lifetimes differ partly significantly from the lifetimes calculated by means of the radiative lifetime and the quenching rates from literature.

Absolute density calibration is done by a comparison of the LIF with Rayleigh scattering in nitrogen at 687 nm to be independent from the geometry of the absorption volume and the detection cone. Furthermore, the influence of small admixtures of oxygen (0.5 to 2%) was investigated.

P 8.5 Tu 16:00 Lichthof

**Analysis of CF radical kinetics in pulsed fluorocarbon rf plasmas (CCP)** — ●SERGEY STEPANOV and JÜRGEN MEICHSNER — Institute of Physics, University of Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 6, 17487 Greifswald, Germany

Measurements of the absolute number density of the highly reactive CF radical have shown a fast kinetics of the species in low pressure  $CF_4+H_2$  capacitively coupled 13.56 MHz plasmas pulsed with a frequency of <1Hz [1]. Under considered plasma conditions, the total decay of the radical density during the afterglow phase took always less than 100 ms. Furthermore, a short overshoot was measured in CF density traces, directly after the plasma pulse start. The temporal resolution of about 30 ms, achieved in the standard approach of the applied InfraRed Tunable Diode Laser Absorption Spectroscopy (IR-TDLAS), was not enough for a detailed analysis of the CF-kinetics. Therefore, another data acquisition approach was established in the present work, which improved the temporal resolution to 940  $\mu$ s. The high time-resolved CF density measurements enabled a proper analysis of the radical kinetics at the beginning of both "plasma on" and "plasma off" phase. In particular, CF production due to the electron impact fragmentation of  $C_2F_4$  molecules at the beginning of the plasma pulse appeared to be the dominant reaction channel for the overshoot formation.

[1] O. Gabriel, S. Stepanov and J. Meichsner *J. Phys. D: Appl. Phys.* 40 (2007) 7383

P 8.6 Tu 16:00 Lichthof

**Modifikation sulfidischer Minerale durch die Behandlung in MW-Plasmen** — ●FRANK MAY<sup>1</sup>, VOLKER BRÜSER<sup>1</sup>, EBERHARD GOCK<sup>2</sup> und VOLKER VOGT<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie (INP Greifswald e.V.) — <sup>2</sup>Institut für Aufbereitung, Deponietechnik und Geomechanik, Clausthal-Zellerfeld

Die Benetzbarkeit von Mineraloberflächen ist bei der Trennung von Mineralgemischen durch Flotation von entscheidender Bedeutung. Um selektiv hydrophobe bzw. hydrophile Eigenschaften verschiedener Komponenten zu erzielen, werden bei konventionellen Verfahren die Gemische chemisch, mit sog. Kollektoren und Drückern, behandelt.

Bei einem neuartigen Verfahren soll, mit Blick auf Umweltverträglichkeit und Kostenersparnissen, versucht werden, die Benetzbarkeit durch Plasmabehandlungen zu beeinflussen. Voraussetzung dafür ist zunächst das Verständnis der Wechselwirkungen zwischen Plasmen und Mineraloberflächen.

In unseren Experimenten wurden dazu Pyrit- ( $FeS_2$ ), Chalkopyrit- ( $CuFeS_2$ ) und Chalkosinpulver ( $Cu_2S$ ) unterschiedlicher Korngrößen-

fraktionen in MW-Plasmen behandelt und anschließend durch XPS und XRD untersucht. Das Arbeitsgas wurde massenspektrometrisch analysiert.

Nach Behandlungen in Ar-O<sub>2</sub>-Plasmen konnte die Bildung von Eisenoxiden (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) auf der Oberfläche nachgewiesen und, durch Bestimmung freigesetzter SO<sub>2</sub>-Volumina, quantitativ ermittelt werden. Abhängig von den Prozessparametern entstehen dabei verschiedene Zwischenprodukte, die auf eine schrittweise Oxidation hindeuten.

P 8.7 Tu 16:00 Lichthof

**Novel method to produce catalysts for oxygen reduction reaction by dual plasma process** — ●CHRISTIAN WALTER, VOLKER BRÜSER, and KLAUS-DIETER WELTMANN — INP Greifswald e.V. Felix-Hausdorff-Str. 2 17489 Greifswald

Polymer electrolyte membrane fuel cells (PEMFCs) have been recognised as a potential future power source for zero emission vehicles [1]. Today, Pt is the only efficient catalyst for the oxygen reduction reaction (ORR) in PEMFCs. But for reasons of availability and cost efficiency there is a great desire to replace Pt with inexpensive and abundant catalysts (Non-noble-metal catalysts (NNMCs)). Metal (Co/Fe)/N/C composites have emerged as the most promising alternatives within the NNMCs. Those composites are either prepared by pyrolysis of Co or Fe-N<sub>4</sub>-macrocycles at high temperatures in an inert atmosphere or by introducing the metal and the nitrogen precursors separately onto carbon support and subsequent pyrolysis [2]. But it has also been shown that metal-polymer-composites can be produced by a dual PECVD/PVD process [3]. In this contribution, such a dual process is used with pyrrole as the polymer and cobalt as metal to obtain catalytically active composites. Advantages and shortfalls of this technology are discussed.

[1] R. Bashyam and P. Zelenay; *Nature*, **2006**, **443**,63-66

[2] F. Jaouen *et al.*; *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **2009**, **1** (8), 1623-1639

[3] C. Walter *et al.*; *Plasma Process. Polym.*; **2009**, **6**, 803-812

P 8.8 Tu 16:00 Lichthof

**Study of Linear and Non-linear Ion-acoustic waves in a Double-plasma device** — ●FARAH AZIZ, SEBASTIAN ENGE, LARS STOLLENWERK, and ULRICH STROTH — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart

The system under consideration is a double plasma device. This device consists of two plasma regions, the source chamber and a target chamber, housed in a common vacuum chamber. The source and target plasma are separated from each other by a mesh grid. This device has been widely used as a tool to study waves in plasma. For our experiment, FLIPS (Flexible Linear Plasma) serves the purpose of a double plasma device. Wave phenomenon, like linear and non-linear ion acoustic waves, have been studied and presented here. Linear ion-acoustic waves are excited in the above mentioned device, by modulating the separating grid sinusoidally. In order to generate non-linear waves or solitons, the signal in the form of pulses or bursts is applied on the grid. The effects of different plasma parameters, on the linear and non-linear waves are then discussed. Particle-in-cell technique is a useful method to simulate plasma behaviour. In this simulation technique, the motion of a large number of charged particles in their self-consistent electric and magnetic fields is followed. The above mentioned phenomena are simulated, using particle-in-cell technique. The experimental observations and simulations are then presented.

P 8.9 Tu 16:00 Lichthof

**Vergleich der Strahlungscharakteristik von Niederdruck-Bogenentladungen mit Stickstoff-Edelgasmischungen** — ●FLORIAN VOGEL<sup>1</sup>, ROLAND FRIEDL<sup>1,2</sup>, URSEL FANTZ<sup>1,2</sup> und PATRICK STARKE<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Lehrstuhl für Experimentelle Plasmaphysik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg — <sup>2</sup>Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, 85748 Garching

Das Emissionsspektrum einer Bogenentladung (Frequenz 20kHz, Durchmesser 26 mm, Elektrodenabstand 28 cm) in Stickstoff-Edelgasmischungen hängt in hohem Maße von Stickstoffgehalt, Druck und eingekoppelter Leistung ab. Dabei kann das Verhältnis verschiedener elektronischer Übergänge im Stickstoffmolekül - zusammengefasst in den sog. Stickstoff-Systemen - stark unterschiedlich sein. Um dies zu untersuchen, wurden Stickstoff-Beimischungen zwischen 1-10% bei Drücken von 1-3 mbar mit Neon und verschiedenen Argon-Neon-Gemischen als Hintergrundgas mithilfe optischer Emissionsspektroskopie diagnostiziert. Die Variation der Emission des Stickstoffs im ersten und zweiten positiven System wird vorgestellt und mit denen von

Argon als Hintergrundgas verglichen. Ziel dieser Untersuchungen ist es, das Strahlungsverhalten von Stickstoff in Neon, Argon und Neon-Argon-Mischungen im ersten und zweiten positiven System des Stickstoffs gleichermaßen zu optimieren.

P 8.10 Tu 16:00 Lichthof

**Helikonentladungen in Wasserstoff** — ●WOLFGANG BÖHM<sup>1</sup> und URSEL FANTZ<sup>1,2</sup> — <sup>1</sup>Lehrstuhl für Experimentelle Plasmaphysik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg — <sup>2</sup>Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, 85748 Garching

Helikonentladungen zeichnen sich gegenüber den weit verbreiteten induktiv gekoppelten Entladungen (ICPs) durch höhere Elektronendichten bei gleicher eingekoppelter Leistung und der Betriebsmöglichkeit bei vergleichsweise kleinen Drücken aus. Da der Leistungsverbrauch von Quellen zur Erzeugung negativer Wasserstoffionen gesenkt werden soll, die bei ITER wichtig für die Neutralteilcheninjektion (NBI) sind, wird die Möglichkeit untersucht, statt einer ICP- eine Helikonentladung zu verwenden. Ziel ist der Betrieb einer Wasserstoff-Helikonentladung bei vergleichbaren Plasmaparametern (insbesondere gleichem Protonenfluss) und experimentellen Rahmenbedingungen ( $\varnothing_{\text{Gefäß}} = 28 \text{ cm}$ ,  $f = 1 \text{ MHz}$ ,  $p < 0,3 \text{ Pa}$ ,  $P < 80 \text{ kW}$ , typischer Leistungsverbrauch in ICP-getriebenen Ionenquellen).

Dazu werden zunächst an einem separaten Experiment mit variabler Gefäßgröße (5 bis 20 cm Durchmesser), unterschiedlichen Anregungsfrequenzen (2 MHz und 13,56 MHz) sowie variablem äußerem Magnetfeld (bis zu 20 mT) Wasserstoffplasmen erzeugt und mittels optischer Emissionsspektroskopie untersucht. Gemessen werden Teilchendichten und Elektronentemperatur. Dadurch soll der Einfluss von Geometrie, eingekoppelter Leistung und Magnetfeld auf die Plasmaparameter überprüft werden. Die erzielten Resultate werden vorgestellt und die Möglichkeit der Anwendung für ITER (NBI) diskutiert.

P 8.11 Tu 16:00 Lichthof

**Vergleich der Plasmaparameter von induktiv und kapazitiv gekoppelten Niederdruckentladungen in Röhrengemetrie** — ●STEFAN BRIEF<sup>1</sup> und URSEL FANTZ<sup>1,2</sup> — <sup>1</sup>Lehrstuhl für Experimentelle Plasmaphysik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg — <sup>2</sup>Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, 85748 Garching

In herkömmlichen Leuchtstofflampen wird Quecksilber zur Strahlungserzeugung verwendet, das im UV-Bereich emittiert. Aufgrund der Umweltbelastung durch Hg sucht man nach Alternativstoffen, wobei insbesondere Metallhalogenide diskutiert werden, die im Bereich zwischen 300 und 420 nm ein breites und intensives Bandenspektrum besitzen. Wegen der hohen Reaktivität dieser Moleküle muss bei deren Einsatz aber auf elektrodenlose Einkopplungskonzepte zurückgegriffen werden, wobei die Geometrie der Leuchtstoffröhre beibehalten werden soll. Daher werden die kapazitive und die induktive HF-Einkopplungsmethode (Frequenz 13,56 MHz) in Niederdruckplasmen mit Röhrengemetrie (Durchmesser 2,5 cm) anhand der Plasmaparameter und der Abstrahlungseffizienz im sichtbaren und nahen UV-Bereich verglichen. Es werden Entladungen mit verschiedenen Edelgasen ohne Metallhalogenidzusatz bei einer Druckvariation im mbar-Bereich und Leistungen von weniger als 100 W untersucht. Die gewonnenen Erkenntnisse sollen für die Optimierung von Plasmen mit Metallhalogeniden hinsichtlich der Abstrahlungseffizienz der Molekülstrahlung verwendet werden.

P 8.12 Tu 16:00 Lichthof

**Transport geladener Plasmateilchen in der Randschicht von HF-Quellen zur Produktion negativer Wasserstoffionen** — ●DIRK WÜNDERLICH, RAPHAEL GUTSER, URSEL FANTZ und NNBI-TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, 85748 Garching, EURATOM Assoziation

Das für Heizung und Stromtrieb an ITER vorgesehene Neutralteilcheninjektionssystem wird auf der Erzeugung, Beschleunigung und Neutralisation negativer Wasserstoffionen basieren. Das Design der verwendeten HF-Ionenquelle entspricht prinzipiell den am IPP Garching entwickelten und betriebenen Prototypen. Die negativen Ionen werden durch Konversion von Wasserstoffatomen und Protonen an den mit einer dünnen Cäsiumschicht bedeckten Innenwänden des Plasmagefäßes erzeugt. Ein magnetisches Filterfeld sowie eine an die Plasmagitteroberfläche angelegte Biasspannung dienen dazu, den extrahierten Ionenstrom zu maximieren und gleichzeitig den ko-extrahierten Elektronenstrom zu minimieren. Das Verständnis der dabei ablaufenden Prozesse ist essentiell für die weitere Optimierung der Ionenquellen. Daher wurde ein 1d3v PIC-Code mit Monte-Carlo-Modulen für Teilchenstöße im Plasma sowie die Oberflächenproduktion von negativen Ionen angewendet,

um in einer vereinfachten Geometrie den Einfluss von Magnetfeldern und Biasspannung auf den Transport von geladenen Teilchensorten in der unmittelbaren Nähe des Plasmagitters zu untersuchen. Der aktuelle Status des Codes sowie die neuesten Ergebnisse werden vorgestellt und diskutiert.

P 8.13 Tu 16:00 Lichthof

**Teilchendichten und -flüsse in HF-angeregten Wasserstoffplasma** — ●DAVID ERTLE<sup>1</sup>, PATRICK STARKE<sup>1</sup> und URSEL FANTZ<sup>1,2</sup> — <sup>1</sup>Lehrstuhl für Experimentelle Plasmaphysik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg — <sup>2</sup>Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, 85748 Garching

In einem planar induktiv gekoppelten HF-Plasmaexperiment (Frequenz: 27,12MHz) werden mittels optischer Emissionsspektroskopie, Langmuirsondenmessungen und energieauflösender Massenspektroskopie Plasmameter und Teilchenflüsse ermittelt. Zielsetzung hierbei ist die Untersuchung der Korrelationen zwischen atomaren und molekularen Dichten und Flüssen und Ionenflüssen der verschiedenen Ionenspezies auf eine Oberfläche in Wasserstoffplasma. Darüber hinaus soll eine Verifikation theoretischer Modelle mithilfe der bestimmten Plasmameter erfolgen. Es werden Ergebnisse für einen Druckbereich von 5-20Pa bei einer eingekoppelten Leistung von bis zu 400W bei verschiedenen Wasserstoff-Helium-Mischplasma diskutiert und Wasserstoff- und Deuteriumplasma bei bekannten Plasmametern verglichen.

P 8.14 Tu 16:00 Lichthof

**Cäsiumverteilung in großflächigen HF-Quellen für negative Wasserstoffionen** — ●BENJAMIN RUF, DIRK WÜNDERLICH, URSEL FANTZ und NNBI -TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, 85748 Garching, EURATOM Assoziation

Für die ITER Neutralteilcheninjektion werden großflächige Ionenquellen ( $A_{\text{extr}} \approx 2000 \text{ cm}^2$ ,  $P_{\text{HF}} \approx 800 \text{ kW}$ ) zur Erzeugung von  $\text{H}^-/\text{D}^-$  benötigt. Die negativen Ionen werden in einem Niederdruckplasma ( $p \leq 0.3 \text{ Pa}$ ) durch den Oberflächenprozess (Konversion von Atomen und Protonen an den mit einer dünnen Cäsiumschicht bedeckten Quellenwänden) erzeugt. Eine homogene Produktion und damit auch Extraktion der negativen Ionen ist eine Hauptanforderung für ITER. Um dies zu erreichen ist eine homogene Cäsiumverteilung auf dem Plasmagitter erforderlich.

An den IPP-Prototypen für die ITER-Ionenquelle ( $A_{\text{extr}} \leq 200 \text{ cm}^2$ ,  $P_{\text{HF}} \leq 100 \text{ kW}$ ) werden die äußeren Parameter (Position Magnetfilterfeld, Leistung, Cäsiumkonditionierung) systematisch verändert und deren Einfluss auf die Cäsiumhomogenität untersucht. Dazu kommt die optische Emissionsspektroskopie (OES) zum Einsatz, mit Sichtstrahlen parallel zum Plasmagitter. Die Cäsiumdichte wird aus der Emissionslinie bei 852 nm bestimmt. Um Absolutwerte zu erhalten, werden Plasmameter ( $n_e, T_e$ ) von Langmuirsondenmessungen verwendet. Die OES ermöglicht zudem Rückschlüsse auf die Plasmaverteilung, welche eine weitere Voraussetzung für die Homogenität der extrahierten negativen Ionen ist. Erste Ergebnisse zur Cäsiumverteilung und Plasmahomogenität werden vorgestellt und diskutiert.

P 8.15 Tu 16:00 Lichthof

**Massenaufgelöste Ionenflüsse aus Wasserstoff-Argon-Niedertemperaturentladungen: Vergleich Experiment - Modell** — ●MAIK SODE, THOMAS SCHWARZ-SELINGER, WOLFGANG JACOB, DIRK WÜNDERLICH und URSEL FANTZ — Max Planck Institut für Plasmaphysik, 85748 Garching, EURATOM Assoziation

Aus einem Niedertemperaturplasma austretende Ionenflüsse wurden mit einem energiedispersiven Massenspektrometer quantitativ und massenaufgelöst ermittelt. Das Plasma wird induktiv erzeugt, wobei eine Hochfrequenz von 13,56 MHz durch einen Quarzglasrohr mittels einer flachen Spule eingekoppelt wird. Die Ionenmassenverteilungen wurden für 2 und 10 Pa Totaldruck in Abhängigkeit vom Wasserstoff-Argon-Mischungsverhältnis mit dem energiedispersiven Massenspektrometer gemessen, welche zusätzlich mit einem Gegenfeldanalysator quantitativ bestimmt wurden. Somit wurden Ionenflüsse auf die Wand im Bereich von  $10^{15} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$  ermittelt. Die häufigsten Ionenspezies sind für reine  $\text{H}_2$ -Plasma das  $\text{H}_3^+$ -Ion bzw. für reine Argonplasma das  $\text{Ar}^+$ -Ion. Bei Mischungen der Gase dominieren das  $\text{H}_3^+$ - sowie das  $\text{ArH}^+$ -Ion, während  $\text{H}^+$ ,  $\text{H}_2^+$  und  $\text{Ar}^+$  nur einen kleinen Anteil am Gesamtionenstrom beitragen.

Diese Resultate werden mit Simulationsrechnungen verglichen. Die Simulation basiert auf einem Ratengleichungsmodell, das elektronenstoßinduzierte Prozesse und Ionen-Molekülreaktionen im Plasmavolu-

men beinhaltet. Als weitere Inputparameter für die Modellierung wurden für die experimentellen Verhältnisse die Dichte und Temperatur der Elektronen mit einer Langmuirsonde gemessen.

P 8.16 Tu 16:00 Lichthof

**Langmuir probe characterisation in a cesiated high density negative ion source** — ●LOIC SCHIESKO, URSEL FANTZ, and NNBI -TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, 85748, Garching, EURATOM Assoziation

Development of a high power RF  $\text{H}^-/\text{D}^-$  source for the ITER neutral beam injectors has been ongoing at IPP Garching for the past several years. The source is Cs seeded in order to increase the negative ion yield. Temporal evolutions (day to day operation) of Langmuir probe characteristics located in the neighborhood where negative ions are created are presented and show the influence of Cs and  $\text{H}^-$ . Comparisons between probe characteristics obtained in the beginning of the measurement campaign (low cesium coverage, low  $\text{H}^-$  current and high electron to negative ion ratio) and the end of the campaign (high cesium coverage, high  $\text{H}^-$  current and low electron to negative ion ratio) show a whole decrease of plasma parameters and also of particle densities. Moreover, the onset of an ion-ion plasma will be shown. Finally, the interpretation of such I(V) characteristics will be discussed.

P 8.17 Tu 16:00 Lichthof

**Langmuirsondenmessungen zum Einfluss von externen Magnetfeldern auf Plasmameter einer HF-Wasserstoffionenquelle für ITER NBI** — ●ALEXANDER HERTTRICH, LOIC SCHIESKO, URSEL FANTZ und NNBI -TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, 85748 Garching, EURATOM Assoziation

Im zukünftigen Fusionsexperiment ITER wird eine auf negativem Wasserstoff basierende Neutralteilchenheizung (NNBI) eingesetzt werden. In den HF-angeregten Prototypen der Ionenquelle für die ITER-NBI ( $A_{\text{extr}} \approx 70 \text{ cm}^2$ ,  $P_{\text{HF}} \leq 100 \text{ kW}$ ) wird ein magnetisches Filterfeld eingesetzt. Dieses Filterfeld reduziert den ko-extrahierten Elektronenstrom und hat großen Einfluss auf die Elektronen- und positive Ionenichte, auf die Elektronentemperatur und auch auf die extrahierte  $\text{H}^-$ -Stromdichte.

Es wurden systematische Untersuchungen zur Position des Filterfeldes sowie aktiv geänderter Potentialdifferenz zwischen Plasmagitteroberfläche und den restlichen Wänden der Quelle (Bias) durchgeführt. Dabei wurden die oben genannten Plasmameter und die Symmetrie des Plasma mit dicht am Extraktionssystem befindlichen Langmuirsonden gemessen. Ziel der Untersuchung war, eine optimale Parameterkonfiguration für maximal unterdrückte Elektronenstromdichte bei gleichzeitig hohem extrahierten  $\text{H}^-$ -Strom und symmetrischer Plasmaverteilung zu finden.

P 8.18 Tu 16:00 Lichthof

**Energy Transfer Efficiency of a Spherical Theta-Pinch** — ●CHRISTIAN TESKE, ANDREAS FEDJUSCHENKO, JOACHIM JACOBY, and WALDEMAR SCHWEIZER — Institut für Angewandte Physik, Frankfurt am Main, Deutschland

A spherical theta-pinch device for VUV generation and plasma strip-per applications with an operating frequency of 12 kHz has been developed. The setup consists of a series resonance circuit with a load capacitance of 27 nF and a large diameter induction coil surrounding a spherical discharge vessel with a discharge volume of 4000 ml. First measurements have been made to evaluate the transfer efficiency of the pulsed inductive discharge in Argon with 2.8% Hydrogen at gas pressures from 0.6 Pa up to 100 Pa at load voltages from 4 kV to 8 kV. Pulsed coil currents reached a maximum value of 18 kA with current rise times of 2 kA/μs while achieving a maximum energy transfer efficiency of 85% between the driving circuit and the plasma. Pulsed power peak values inside the plasma reached more than 2 MW.

P 8.19 Tu 16:00 Lichthof

**Charge dynamics in electrically asymmetric dual frequency capacitive RF discharges** — ●JULIAN SCHULZE<sup>1</sup>, EDMUND SCHÜNGEL<sup>1</sup>, ZOLTAN DONKO<sup>2</sup>, and UWE CZARNETZKI<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Institute for Plasma and Atomic Physics, Ruhr-University Bochum — <sup>2</sup>Hungarian Academy of Science

Charge dynamics in electrically asymmetric, geometrically symmetric dual frequency capacitively coupled RF discharges operated at 13.56 MHz and 27.12 MHz with variable phase shift  $\theta$  between the driving voltage waveforms is investigated by a PIC simulation and analytical

models. Via the Electrical Asymmetry Effect (EAE) a variable DC self-bias is generated as a function of  $\theta$ . A small phase shift between the DC self bias resulting from the PIC simulation and from a fluid simulation as well as the analytical model of the EAE is found. This Small Angle Effect is explained by the charge dynamics of ions and electrons within the RF period, which is not included in either the fluid simulation or the analytical model. Finally, the electron current dynamics is investigated by the analytical model of the EAE and the PIC simulation. An analysis of the current dynamics shows that the power dissipated to electrons within on low frequency period remains constant independently of  $\theta$ . This result explains why the ion flux remains constant and only the ion energy is changed as a function of  $\theta$  by the EAE.

P 8.20 Tu 16:00 Lichthof

**Optimization of the Electrical Asymmetry Effect in geometrically symmetric capacitively coupled radio frequency discharges** — ●EDMUND SCHÜNGEL<sup>1</sup>, JULIAN SCHULZE<sup>1</sup>, ZOLTAN DONKO<sup>2</sup>, and UWE CZARNETZKI<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Institute for Plasma and Atomic Physics, Ruhr-University Bochum — <sup>2</sup>Hungarian Academy of Science

An electrical asymmetry in capacitively coupled radio frequency discharges with symmetrical electrode configuration can be induced by driving the discharge with a fundamental frequency and its second harmonic. For equal amplitudes of the applied voltage waveforms it has been demonstrated by modeling, simulation, and experiments that this Electrical Asymmetry Effect (EAE) leads to the generation of a variable DC self bias, that depends almost linearly on the phase angle between the driving voltages. Here the dependence of the DC self bias generated by the EAE on the choice of the driving voltage waveform is investigated experimentally, by a PIC simulation, and an analytical model. First, the EAE in dual frequency discharges is optimized by choosing optimum amplitudes of each applied harmonic. It is found that the ratio of high to low frequency amplitude should be about 1/2 to generate the strongest relative bias. Second, the EAE in multi-frequency discharges is investigated. It is found that the maximum relative DC self bias can be strongly enhanced by applying multiple consecutive frequencies with particular amplitudes to the discharge. This optimization of the EAE should allow a better control of the ion energy over an energy range that is significantly broader than before.

P 8.21 Tu 16:00 Lichthof

**Experimentelle Untersuchungen zur Plasmadynamik am magnetischen Nullpunkt** — ●ADRIAN VON STECHOW<sup>1</sup>, OLAF GRULKE<sup>1,2</sup> und THOMAS KLINGER<sup>1,2</sup> — <sup>1</sup>EMA Universität Greifswald — <sup>2</sup>Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Greifswald

Neutral Loop Discharges sind Entladungen in Magnetfeldkonfigurationen, in denen die Feldstärke entlang einer Linie verschwindet. Durch den damit einhergehenden Verlust der Anisotropie kommt es in der Region um die Nulllinie zur Ergodisierung der Teilchenbahnen und somit zu stochastischer Heizung. Bei bisherigen Untersuchungen wurde das Plasma nahe des Nullrings geheizt, was die Trennung von Heizung durch direkte Leistungseinkopplung von der stochastischen Heizung erschwerte. Das lineare Plasmaexperiment VINETA bietet durch sei-

ne Geometrie die Möglichkeit, die Heizungs- von der Ergodisierungsregion zu trennen. Dazu wurden mit Langmuirsonden Verteilungsfunktionen und Dichteprofile aufgenommen, die mit Ergebnissen einer 3D-Einzelteilchensimulation verglichen wurden. Im Einzelteilchenbild kommt es bereits ohne E-Feld zu komplexen Bahnen, bei denen vor allem die irreguläre Bewegung aufgrund der Nichtlinearität der Bewegungsgleichungen, sowie Spiegeleffekte in den starken Feldgradienten eine Rolle spielen.

P 8.22 Tu 16:00 Lichthof

**Transiente Driftwellen in VINETA** — ●MANUEL WISOTZKY<sup>1</sup>, OLAF GRULKE<sup>1,2</sup> und THOMAS KLINGER<sup>1,2</sup> — <sup>1</sup>EMA Universität Greifswald — <sup>2</sup>MPI für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Greifswald

Driftwellen sind niederfrequente ( $\omega \ll \omega_{ci}$ ) Mikroinstabilitäten, die durch Dichtegradienten getrieben werden und somit in jedem räumlich begrenzten, magnetisierten Plasma auftreten können. Driftwellen sind von besonderer Bedeutung im Kontext des fluktuationsinduzierten Transports in magnetisch eingeschlossenen Plasmen, in denen Driftwellen die turbulente Dynamik in der Plasmarandschicht dominieren. Laborexperimente bieten im Vergleich dazu den Vorteil, dass Driftwellen als einzelne gesättigte Moden beobachtet werden können. In dieser Arbeit wird das transiente Verhalten von Driftwellen in der linearen Helikonanlage VINETA untersucht. In einem homogenen Magnetfeld wird mittels Langmuirsonden und Sondenarrays die zeitliche Entwicklungen von Dichte-, Plasmapotential- und Stromdichtefluktuationen kohärenter Driftmoden beobachtet, mit dem Ziel, das transiente Verhalten der Driftmoden in Relation zu der zeitlichen Entwicklung der Plasmamparameter zu setzen.

P 8.23 Tu 16:00 Lichthof

**Experiments with electron and ion beams in a linear plasma device.** — ●CHRISTOPHER RAPSON<sup>1</sup>, OLAF GRULKE<sup>1,2</sup>, and THOMAS KLINGER<sup>1,2</sup> — <sup>1</sup>MPI for Plasma Physics, EURATOM Association, Greifswald — <sup>2</sup>Ernst-Moritz-Arndt University, Greifswald

Ion and electron beams provide a source of free energy to excite density and potential fluctuations in plasmas. Particularly in space plasmas, but also in the laboratory, beam-plasma instabilities play a decisive role in the plasma dynamics. In this contribution, results of investigations using simulation and laboratory experiments are presented, for both electron and ion beams. These kinetic phenomena are investigated using PIC simulations, which yield the dispersion relation and spatio-temporal evolution of the fluctuations for a wide range of beam and plasma parameters. Experiments are performed in the linear experiment VINETA ( $n \sim 10^{16} m^{-3}$ ,  $T_e \sim 3 eV$ ). For the electron beam, results show a good agreement between oscillation frequency and electron plasma frequency, as determined from Langmuir probe measurements. However, it is observed that the oscillation frequency is independent of the local density, and does not reflect the density profile. Complementary to the electron beam investigation, a potassium ion beam ( $K^+$ ) has been injected into the argon plasma. Measurements with an ion energy analyser and a Langmuir probe show that the ion beam driven fluctuations evolve on the much slower ion acoustic time scale.