

## P 2: Magnetischer Einschluss I

Zeit: Montag 16:30–18:25

Raum: HS C

**Hauptvortrag**

P 2.1 Mo 16:30 HS C

**ECRH in Fusionsplasmen: Anwendungen und Herausforderungen - von MW bis mW** — ●JÖRG STÖBER<sup>1</sup>, HENDRIK HÖHNLE<sup>2</sup>, ALBRECHT HERRMANN<sup>1</sup>, WALTER KASPAREK<sup>2</sup>, FRITZ LEUTERER<sup>1</sup>, FRANCESCO MONACO<sup>1</sup>, RUDOLF NEU<sup>1</sup>, HARALD SCHÜTZ<sup>1</sup>, DOMINIK SCHMID-LORCH<sup>1</sup>, JOSEF SCHWEINZER<sup>1</sup>, DIETMAR WAGNER<sup>1</sup>, STEFAN VORBRUGG<sup>1</sup> und DAS ASDEX UPGRADE TEAM<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Euratom-Assoziation, Garching — <sup>2</sup>Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart

Elektronen-Zyklotronresonanz-Heizung (ECRH) hat sich in den letzten 20 Jahren zur Heizung von Fusionsplasmen etabliert und ist eines der Heizsysteme für den im Bau befindlichen internationalen Tokamak ITER. ECRH zeichnet sich aus durch sehr lokale Elektronenheizung, sehr lokalen Stromtrieb und typischer Weise vollständige Absorption. Der Einsatzbereich der ECRH kann erweitert werden in dem auch Polarisationen und Resonanzen verwendet werden bei denen die Absorption im ersten Durchgang durch das Plasma unvollständig ist. Dazu wurden Methoden zur kontrollierten Absorption der nach dem ersten Durchgang verbleibenden Strahlung entwickelt. Wegen der hohen Leistungsdichte und geometrischen Flexibilität muss die nicht im Plasma absorbierte Strahlung sorgfältig überwacht werden um eine Gefährdung des Vakuumgefäßes samt Einbauten und Diagnostik zu vermeiden. Letztere können bereits durch Leistungen im mW-Bereich beschädigt werden. Die einzigartigen Eigenschaften der ECRH erlauben ein breites Spektrum von Anwendungen insbesondere im Hinblick auf ITER, die am Beispiel des Tokamaks ASDEX Upgrade diskutiert werden. Konzepte zur Bestimmung und Kontrolle der Streustrahlungsverteilung sowie zum Schutz von Diagnostiken werden vorgestellt.

**Hauptvortrag**

P 2.2 Mo 17:00 HS C

**Physikalische Phänomene bei Mikrowellenheizung überdichteter Plasmen** — ●ALF KÖHN, GREGOR BIRKENMEIER, PETER DIEZ, HENDRIK HÖHNLE, EBERHARD HOLZHÄUER, STEFAN MERLI, MIRKO RAMISCH, JAN SEIFERT und ULRICH STROTH — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart

Mikrowellen finden weit verbreitet Anwendung zur Erzeugung und Heizung von Plasmen. Dies gilt sowohl für Niedertemperatur- als auch für fusionsrelevante Plasmen. Die Wechselwirkung von elektromagnetischen Wellen mit dem Plasma hat eine Reihe interessanter physikalischer Phänomene zur Folge. Die Spanne reicht dabei von Anwendungen wie der Interferometrie und Reflektometrie über Modenkonzessionsprozesse bis hin zu parametrischen Instabilitäten. Der Vortrag beschreibt die vielfältigen Phänomene und zeigt numerische und experimentelle Studien dazu.

Am Stellarator TJ-K können Plasmen mit einer großen Bandbreite an Mikrowellenfrequenzen erzeugt werden. Dies macht TJ-K attraktiv für experimentelle Untersuchungen der Mikrowellen-Plasma-Wechselwirkung. Heizung an der oberen Hybrid-Resonanz lässt sich ebenso untersuchen wie Modenkonzersion und parametrische Zerfallsinstabilitäten. Zündet man ein Plasma resonant mit 8 GHz, so kann die Entladung anschließend mit 2.45 GHz alleine weiter betrieben werden, obwohl bei dieser Frequenz keine der bekannten Resonanzen im Plasma liegt. In dieser *nicht-resonanten* Entladung lassen sich eine Reihe interessanter Phänomene beobachten, wie hochenergetische Elektronen und Stromtrieb.

P 2.3 Mo 17:30 HS C

**Elektron-Bernsteinwellenheizung am Stellarator WEGA** — ●TORSTEN STANGE<sup>1</sup>, HEINRICH PETER LAQUA<sup>1</sup>, MATTHIAS OTTE<sup>1</sup>, STEFAN MARSEN<sup>1</sup> und ENRICO CHLECHOWITZ<sup>2</sup> — <sup>1</sup>MPI für Plasmaphysik, 17491 Greifswald, EURATOM Association — <sup>2</sup>HSX Plasma Laboratory, University of Wisconsin, Madison, USA

Elektrostatische Elektron-Bernsteinwellen (EB), die auf einer kohärenten Bewegung der Elektronen um die magnetischen Feldlinien basieren, sind an kein oberes Limit in der Elektronendichte gebunden (cutoff). Das Plasma wirkt als Ausbreitungsmedium, so dass eine Anregung der EB-Wellen aus dem Vakuum jedoch nicht möglich ist. Durch eine zum Magnetfeldvektor schräge Einstrahlung einer elek-

tromagnetischen Heizwelle können über den OXB-Modenkonzessionsprozess im Dichtegradientenbereich des Plasmas EB-Wellen generiert werden. Ähnlich dem Brewster-Fenster in der Optik, ist die Kopplung stark abhängig von der Polarisation und dem Einfallswinkel. Bei den OXB-geheizten Ar- und He-Plasmen am Stellarator WEGA werden darüber hinaus bei einem Magnetfeld von 0,5 T und einer 10 kW-28 GHz-Heizwelle hochenergetische Elektronen mit mittleren Energien über 10 keV produziert. Gleichzeitig werden durch eine Elektron-Bernsteinwellen-Diagnostik, die auf dem inversen OXB-Prozess beruht, Strahlungstemperaturen im gleichen Energiebereich detektiert, wobei die Bulk-Elektronentemperatur bei einigen 10 eV bleibt. Die örtliche Verteilung der überthermischen Elektronen ist entscheidend für die Klärung des Emissions- als auch Heizmechanismus und kann mit einer orts- und energieaufgelösten Soft-X-Ray-Diagnostik bestimmt werden.

**Fachvortrag**

P 2.4 Mo 17:45 HS C

**Fast-Ion D-Alpha measurements at ASDEX Upgrade** — ●BENEDIKT GEIGER<sup>1</sup>, MANUEL GARCIA-MUNOZ<sup>1</sup>, RAINER FISCHER<sup>1</sup>, WILLIAM HEIDBRINK<sup>2</sup>, RACHAEL McDERMOTT<sup>1</sup>, GIOVANNI TARDINI<sup>1</sup>, and AND THE ASDEX UPGRADE TEAM<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, Garching, Germany — <sup>2</sup>University of Irvine, Irvine, California, USA

The confinement of fast ions (ions with energies significantly above the thermal energy) is essential in fusion devices because they contribute to plasma heating and current drive, but can also damage the first wall if poorly confined. To study the distribution function of fast ions in the ASDEX Upgrade tokamak (AUG) a fast-ion D-Alpha (FIDA) diagnostic has been developed. It uses 25 radially distributed lines of sight to measure Doppler shifted D-Alpha radiation, emitted from neutralized fast ions. The diagnostic's toroidal geometry determines a well defined region in velocity space which significantly overlaps with the typical fast-ion distribution in AUG plasmas. As first results of the newly commissioned diagnostic, radial FIDA intensity profiles during on- and off-axis NBI are presented. These show changes in the radial fast-ion distribution function with the different neutral beam injection geometries. Good agreement has been obtained in MHD quiescent plasmas by comparing the measurements to simulations using calculated fast-ion distribution functions from TRANSP. In addition, MHD events have been observed such as Alfvén waves, which flatten the observed radial fast-ion profiles, and a q=2 sawtooth like crash, which redistributes about 50% of the central fast-ion population.

P 2.5 Mo 18:10 HS C

**Untersuchung ELM-induzierter Strahlung mit AXUV Dioden am Tokamak ASDEX Upgrade** — ●MATTHIAS BERNERT, THOMAS EICH, CHRISTOPH FUCHS, ARNE KALLENBACH, RACHAEL McDERMOTT, ELEONORA VIEZZER und DAS ASDEX UPGRADE TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, 85748 Garching

Mit einer neu eingeführten schnellen Dioden-Diagnostik am Tokamak ASDEX Upgrade lässt sich Strahlung aus einem breiten Wellenlängenbereich beobachten, insbesondere Randschichtstrahlung mit Photonenenergien unter 500 eV. Speziell die charakteristische Strahlung von Edge-Localized Modes (ELMs) und deren zeitlicher und räumlicher Verlauf wurden damit im Detail studiert. Die Diagnostik basiert auf AXUV Dioden und deckt mit 240 Sichtstrahlen einen kompletten poloidalen Querschnitt des Experiments sowie verschiedene toroidale Positionen ab. Mit 5 μs bietet sie eine um mehr als 3 Größenordnungen bessere Zeitauflösung als die vergleichbare Folienbolometrie. Allerdings wurde eine strahlungsinduzierte Degradation der Diodensensitivität innerhalb weniger Plasmasekunden gemessen.

Eine erste wichtige Beobachtung zeigt, dass die durch ELMs auf die Divertorprallplatten konvektiv abgeführte Leistung durch Strahlung bereits innerhalb der typischen parallelen Transportzeit in der Randschicht (SOL) von einigen hundert Mikrosekunden reduziert wird. Neben den Strahlungspeaks der ELMs können auch räumlichen Substrukturen, sogenannte ELM induzierte Filamente, mit der Diagnostik erkannt werden. Mehrere toroidale Messungen ermöglichen die Bestimmung der Rotation und Modenzahl dieser Filamente.