

P 16: Poster: Magnetischer Einschluss

Zeit: Mittwoch 17:30–19:30

Raum: Foyer des IfP

P 16.1 Mi 17:30 Foyer des IfP

Collisional zonal-flow damping in an impure tokamak plasma — ●STEFANIE BRAUN and PER HELANDER — MPI für Plasmaphysik, Wendelsteinstr. 1, 17491 Greifswald

So-called zonal flows are known to play a significant role in tokamak plasma confinement by reducing the level of turbulent transport. It is shown that the presence of highly charged impurity ions strongly increases the collisional damping of these flows. A formula for the zonal-flow damping time is derived, which indicates that the damping is enhanced approximately by a factor Z_{eff} . In the case of large aspect ratio, the enhancement is considerably larger.

P 16.2 Mi 17:30 Foyer des IfP

Magnetfeldeffekte im turbulenten Transport — ●GREGOR BIRKENMEIER¹, PESHWAZ ABDUL¹, PETER MANZ¹, BERNHARD NOLD¹, MIRKO RAMISCH¹, ULRICH STROTH¹ und ANDREAS WERNER² — ¹Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, TI Greifswald

Die dreidimensionale Struktur des einschließenden Magnetfeldes von toroidalen Plasmen spielt eine wichtige Rolle für die Eigenschaften der Plasmadynamik. Die Magnetfeldgeometrie beeinflusst insbesondere die Entstehung und Ausprägung der Plasmaturbulenz. Im Torsatron TJ-K können turbulente Fluktuationen im gesamten Einschlussgebiet mit Multisondenanordnungen detailliert diagnostiziert werden. Für die Interpretation der experimentellen Daten werden die relevanten Parameter der toroidalen Magnetfeldgeometrie numerisch berechnet. Größen wie Magnetfeldkrümmung und magnetische Verscherung werden den gemessenen Eigenschaften der Fluktuationen und des turbulenten Transports gegenüber gestellt. Ziel dieser Arbeit ist die Untersuchung der 3D-Struktur der Turbulenz auf einer Flussfläche. Erste Messungen auf der Flussfläche im poloidalen Querschnitt zeigen erhöhte Fluktuationsamplituden und maximalen turbulenten Transport im Bereich ungünstiger Magnetfeldkrümmung.

P 16.3 Mi 17:30 Foyer des IfP

Nicht-resonante Heizung überdichteter toroidaler Plasmen im TJ-K — ●PETER DIEZ, ALF KÖHN und ULRICH STROTH — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart

Eine weit vorbereitete Methode Plasmen mit Mikrowellen zu heizen ist die Elektron-Zyklotron-Resonanz-Heizung (ECRH). Dazu strahlt man Mikrowellen ein, die in Resonanz mit der Gyrationfrequenz der Elektronen liegen. Im Torsatron TJ-K wird zum Heizen des Plasmas die ECRH genutzt, wobei es möglich ist sowohl mit 2,45 GHz bei einem Magnetfeld von 70 mT als auch mit 8,3 GHz bei 275 mT das Plasma zu heizen. Neue Effekte treten auf, wenn man bei einem Feld von 275 mT das Plasma sowohl mit 2,45 GHz als auch mit 8,3 GHz heizt und die 8,3 GHz Mikrowelle kurz nach Zünden des Plasmas ausschaltet. Unerwarteterweise bleibt das Plasma bestehen, solange mit 2,45 GHz eingestrahlt wird. Erste Parameterstudien wurden durchgeführt um den Mechanismus dieser nicht-resonanten Heizung zu verstehen. Elektronentemperaturprofile sowie Profile des elektrischen Feldes der eingestrahelten Mikrowelle geben Hinweise auf den Ort der Leistungsdeponierung im Plasma.

P 16.4 Mi 17:30 Foyer des IfP

Machsondenmessungen im TJ-K — ●KIRSI WEBER, MIRKO RAMISCH und ULRICH STROTH — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart

Machsonden sind elektrostatische Sonden, mit denen Plasmaströmungen untersucht werden können. In Anwesenheit von Strömungen messen voneinander abgeschirmte Sondenspitzen richtungsabhängig unterschiedlich große Ionensättigungsströme $I_{i,\text{sat}}$. Aus der Differenz der Ströme kann auf die Strömungsgeschwindigkeit und -richtung geschlossen werden.

Eine verfahrbare Machsonde im Torsatron TJ-K erfasst die radiale Abhängigkeit der poloidalen Strömungsgeschwindigkeit. Die in Biasing-Experimenten aufgenommenen Geschwindigkeitsprofile werden mit aus Gleichgewichtsprofilen errechneten Plasmadriften verglichen. Diese gemessenen Strömungen werden in Beziehung zur poloidalen Impulsbilanz gesetzt.

Im nächsten Schritt wird der Beitrag der toroidalen Strömung zur Impulsbilanz untersucht. Eine erweiterte Machsonde erlaubt die gleich-

zeitige Messung der poloidalen und toroidalen Machzahl. Erste Ergebnisse werden vorgestellt.

P 16.5 Mi 17:30 Foyer des IfP

Messung der Argonionen-Temperatur und -Drift im Torsatron TJ-K — ●SEBASTIAN ENGE, GREGOR BIRKENMEIER, MIRKO RAMISCH, ALF KÖHN und ULRICH STROTH — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart

Zur Messung der Ionengeschwindigkeitsverteilung an Argon wurde eine Laserinduzierte-Fluoreszenz-Diagnostik (LIF) aufgebaut. Sie ermöglicht die Bestimmung der Iontemperatur und Driftgeschwindigkeit. Mit Hilfe dieser Diagnostik wurde am Torsatron TJ-K erstmals Iontemperaturprofile, toroidale- und poloidale-Ionengeschwindigkeiten gemessen. Aus dem Iontemperaturprofil wurde die Ionenwärmeleitung bestimmt, die als einziger Parameter einer Energie- und Teilchenbilanz noch abgeschätzt werden musste. Die aus dem Modell gewonnenen Daten wurden mit experimentellen verglichen.

Des Weiteren wurden die poloidalen Ionengeschwindigkeiten mit Werten für den $E \times B$ und den diamagnetischen Drift verglichen, die aus Messungen mit Langmuir-Sonden abgeschätzt wurden. Der Einfluss von Biasing einer Flussfläche auf die Ionenrotation und -Temperatur konnte direkt gemessen werden.

P 16.6 Mi 17:30 Foyer des IfP

Magnetic configuration effects on the TJ-K torsatron plasma parameters and turbulent transport — ●PESHWAZ ABDUL¹, GREGOR BIRKENMEIER¹, BERNHARD NOLD¹, MIRKO RAMISCH¹, BERNHARD ROTH¹, LARS STOLLENWERK¹, ANNE ZILCH², and ULRICH STROTH¹ — ¹Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Teilinstitut Greifswald

The vacuum magnetic surfaces of the TJ-K torsatron, have been studied over a wide range of rotational transforms, by using a fluorescent rod which scans the poloidal cross section and lights up when struck by electrons emitted by an electron gun. The existences of closed and nested flux surfaces as well as the magnetic axis positions for various magnetic configurations have been proven experimentally. Moreover, magnetic islands have been found. A study of the fluctuation amplitudes and turbulent particle transport have been carried out in the microwave-heated discharge by means of movable Langmuir probes. In the vicinity of the magnetic islands, turbulent particle transport shown to be increased. At the same time flattening of the density profiles have been observed.

P 16.7 Mi 17:30 Foyer des IfP

Edge Turbulence Studies in the Helically Symmetric Experiment — ●MIRKO RAMISCH¹, ROBERT WILCOX², F. SIMON B. ANDERSON², ULRICH STROTH¹, JOSEPH N. TALMADGE², DAVID T. ANDERSON², and HSX TEAM² — ¹Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart — ²The HSX Plasma Laboratory, University of Wisconsin-Madison

The helically symmetric experiment (HSX) is a modular stellarator featuring quasi-helical symmetry (QHS), which minimizes neoclassical transport and reduces viscous flow damping. Reduced viscous damping benefits turbulence generated zonal flows, which are considered as a trigger mechanism for transport barriers. Therefore, magnetic field optimization with respect to neoclassical transport could affect turbulent transport levels as well. In order to study the turbulence properties in QHS compared to a non-optimized configuration, the symmetry in HSX can selectively be degraded by means of auxiliary coils. A key issue is the effect of symmetry breaking on zonal flow damping. In a first step, a movable poloidal 16-pin Langmuir-probe array is used to detect turbulent structures in the density and the potential in the edge region of QHS plasmas. Special attention is paid to long-range correlations in the potential fluctuations, which are indicative for zonal flows. First results are presented. Coherent, low-frequency potential structures with long poloidal correlation lengths are found in a narrow radial range. In the same range, a reversal in the poloidal propagation of density structures is observed.

P 16.8 Mi 17:30 Foyer des IfP

Elektron-Zyklotron-Heizung in höheren Harmonischen an

ASDEX Upgrade — ●HENDRIK HÖHNLE¹, JÖRG STOBER², WALTER KASPAREK¹ und ULRICH STROTH¹ — ¹Institut für Plasmaphysik, Universität Stuttgart — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Garching

ITER-relevante Entladungen an ASDEX Upgrade (AUG) werden in Regimes mit gutem Einschluss bei Dichten nahe der Dichtegrenze gefahren. Die ECRH ist bei solchen Szenarien ein wichtiges Mittel zur Dichtekontrolle und zur Verhinderung von Verunreinigungsanhäufungen im Plasmazentrum. Hoher Plasmastrom ist günstig für den Einschluss, führt aber zu Plasmadichten oberhalb des Cutoffs der Mikrowelle von $1,2 \cdot 10^{20} \text{ m}^{-3}$ für 140 GHz in der 2. Harmonischen X-Mode (X2). Die X2-Mode wird an AUG für die ECRH wegen der nahezu vollständigen Absorption bevorzugt. Eine Möglichkeit ECRH dennoch einzusetzen zu können ist die Verwendung der O2- oder X3-Mode für die Heizung. In beiden Fällen liegt der Dichte-Cutoff höher als bei der X2-Mode, die Absorption sinkt aber von nahezu 99% auf 80%. Um diesen Nachteil auszugleichen, wird auf der Hochfeldseite von AUG ein holographisches Gitter montiert, das die Heizwelle in definierter Richtung und Polarisation in das Plasma zurückreflektiert.

Der optimierte Reflektor und der experimentelle Aufbau zur Messung der Absorption der O2-Mode in AUG werden vorgestellt. Erste Messungen der Absorption durch diesen Aufbau sowie durch Modulationsmessungen werden mit theoretischen Vorhersagen verglichen.

P 16.9 Mi 17:30 Foyer des IfP

Modellierung der radialen Emissionsverteilung in der Plasmarandschicht von ASDEX Upgrade — ●ELEONORA VIEZZER, THOMAS PÜTTERICH, RALPH DUX und ASDEX UPGRADE TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, Boltzmannstraße 2, D-85748 Garching

In einem Fusionsplasma spielen Untersuchungen des Plasmarands eine wichtige Rolle, da hier die Einschlussqualität und der Verunreinigungsgehalt des gesamten Plasmas wesentlich mitbestimmt werden. In dieser Region gelangen die Plasmateilchen von der Abschältschicht in den Bereich geschlossener Flussflächen. Verunreinigungen emittieren im Randplasma Spektrallinien in Folge von Elektronenstoßanregung und nach thermischem Ladungsaustausch (CX) mit neutralem Wasserstoff, der in die Randschicht eindringt. Diese passiven Emissionslinien überlagern die aktiven CX-Spektrallinien am D-Heizstrahl und müssen bei der aktiven CX-Spektroskopie entsprechend berücksichtigt werden. Die Analyse räumlich hochaufgelöster Messungen aus der Entfaltung der Sichtlinienintegrale ermöglicht auch Rückschlüsse auf lokale Plasmarameter in der Randschicht. Der Vergleich mit dem Transportmodell STRAHL erlaubt die passiven Emissionen durch thermischen CX mit Hintergrundwasserstoff und Elektronenstoßanregung zu bestimmen. Dadurch kann die Wasserstoffdichte quantifiziert werden. Durch Vergleich von verschiedenen Verunreinigungen können die Ergebnisse validiert werden, da die Raten für thermischen CX je nach Spektrallinie variieren. Erste Analysen für die Spektrallinien von He⁺ bei 468 nm, B⁴⁺ bei 495 nm und C⁵⁺ bei 529 nm werden präsentiert.

P 16.10 Mi 17:30 Foyer des IfP

Tungsten Transport in the Plasma Edge at ASDEX Upgrade — ●MICHAEL ARTHUR JANZER, RALPH DUX, THOMAS PÜTTERICH, MARCO SERTOLI, and ASDEX UPGRADE TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, 85748 Garching

Tungsten, beryllium and carbon fibre components are the materials envisaged for the first wall in ITER. The ASDEX Upgrade tokamak with its full tungsten wall offers the opportunity to study the behavior of tungsten under reactor relevant conditions.

The tungsten erosion fluxes from all dominant sources have been determined by the S/XB method using visible light from WI at 400.9 nm. Comparing the main chamber sources (i.e. heat shield of the inner column and ICRH antenna limiters) to the outer divertor source exhibits that the divertor provides by far the largest source of tungsten. However, the limiter source has the strongest influence on the tungsten concentration in the plasma.

For better understanding the influence of the eroded impurities on the impurity content of the confined plasma it is necessary to investigate the impurity transport not only in the scrape off layer, but also at the edge of the confined plasma, where the impurity density pedestal is determined by plasma transport. Therefore, faster cameras (frame rate: 1 kHz) were mounted on the SPRED (10-32 nm) and Grazing Incidence (2-50 nm) spectrometer. The higher temporal resolution allows for the exploration of impurity dynamics in the plasma edge induced by ELMs, laser-blow-offs and gas puffing under various plasma conditions. First results will be presented for silicon, argon and tungsten.

P 16.11 Mi 17:30 Foyer des IfP

Effects of Strong Magnetic Shear Deformation in Tokamak Edge Turbulence — ●BRUCE SCOTT — Max-Planck-IPP, Euratom Association, Garching, Germany

Turbulence in the tokamak edge is studied using both gyrokinetic and gyrofluid models. The corresponding derivations and energy theorems have the same origin and ultimately represent at two different levels of sophistication the same model of low frequency electromagnetic dynamics. Magnetic trapping of electrons is found to strengthen the turbulence in the near-electrostatic regime, but both models show a strong rise of turbulent transport with plasma beta (magnetic inductivity) and they agree on its onset. This phenomenon is not found in the corresponding linear growth rates. A strong transfer of ExB eddy energy to longer wavelengths is measured. The scaling is nonlinear in origin and depends on amplitude maintenance of a shear-Alfvén component which has no role in the linear phases. Scaling against magnetic shear shows the breakdown of flux tube based coordinate systems for experimentally relevant (large) shear values. A new global field aligned treatment is developed to treat arbitrary shear. Gyrofluid and possibly also gyrokinetic turbulence results will be presented in shaped geometry.

P 16.12 Mi 17:30 Foyer des IfP

Visualisierung von Magnetfeldlinien am Stellarator WEGA — ●PETER DREWELow, TORSTEN BRÄUER, MATTHIAS OTTE und FRIEDRICH WAGNER — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik TI Greifswald, EURATOM Assoziation, Wendelsteinstraße 1, 17491 Greifswald, Deutschland

Die Vakuumkonfiguration des Magnetfeldes ist in fusionsrelevanten Einschlussexperimenten vom Typ Stellarator allein durch die externen Magnetfeldspulen gegeben. Ihre genaue Bestimmung ist von essentieller Bedeutung, da bereits kleinste Feldfehler zu asymmetrischen Leistungsverteilungen der Plasmaenergie auf Limitergeometrien führen können. Für die Untersuchung der Magnetfeldkonfiguration kommt ein Elektronenstrahl zum Einsatz, der durch eine Elektronenkanone parallel zum Magnetfeldvektor emittiert wird. Auf Grund inelastischer Wechselwirkungen mit Argon als Hintergrundgas ergibt sich eine Leuchtspur, die die Driftbahn der Elektronen repräsentiert, welche in erster Näherung dem Feldlinienverlauf entspricht. Damit lässt sich auch die Existenz von a priori nicht herleitbaren aber für den Plasmaeinschluss notwendigen Flussflächen zeigen. Es werden Ergebnisse der Optimierung des Elektronenstrahles in Abhängigkeit vom Kanonendesign, von Energie und Stromdichte der Elektronen im Strahl, von der Wahl des Hintergrundgas, sowie dessen Drucks vorgestellt. Experimente zur Visualisierung der Feldlinien wurden am Stellarator WEGA durchgeführt und der Verlauf des Leuchtstrahles durch Beobachtung von verschiedenen Kamerapositionen photogrammetrisch bestimmt.

P 16.13 Mi 17:30 Foyer des IfP

Numerical calculation of 3D MHD equilibria in nonaxisymmetric tokamaks with the HINT2 code — ●CHRISTOPHER WIEGMANN¹, YASUHIRO SUZUKI², JOACHIM GEIGER³, YUNFENG LIANG¹, DETLEV REITER¹, ROBERT WOLF³, and JET-EFDA CONTRIBUTORS⁴ — ¹Institut für Energieforschung - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, Assoziation EURATOM-FZJ, Trilateral Euregio Cluster, 52425 Jülich, Germany — ²National Institute for Fusion Science, 322-6 Oroshi-cho, Toki 509-5292, Japan — ³Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Assoziation EURATOM-IPP, 17491 Greifswald, Germany — ⁴JET-EFDA, Culham Science Centre, OX14 3DB, Abingdon, UK

Tokamaks are often considered to be two-dimensional and consequently, their equilibrium is treated by solving the Grad-Shafranov equation. In real devices, the toroidal field ripple, error fields due to coil misalignments and deliberate application of resonant magnetic perturbations lead to a three-dimensional structure. To study the effect of the deviations from axisymmetry on the equilibrium the application of complex numerical tools like the HINT2 code[1], which allows for magnetic islands in the equilibrium solution, is necessary. In this study calculations of the three dimensional equilibrium are presented which take account for the toroidal field ripple as well as resonant and nonresonant magnetic perturbations. Examples will be shown and discussed for the tokamaks TEXTOR with dynamic ergodic divertor and for JET with error field correction coils. [1] Y. Suzuki et al., Nucl. Fusion **46**, L19-L24 (2006)

P 16.14 Mi 17:30 Foyer des IfP

Comparison of turbulent scrape-off layer fluctuations between the outer midplane and close to the X-point in Alcator C-Mod — ●OLAF GRULKE¹, JAMES L. TERRY², and STEWART J. ZWEBEN³ — ¹MPI for Plasma Physics, EURATOM Association, Greifswald — ²MIT-PSFC, Cambridge, USA — ³PPPL, Princeton, USA

Turbulent fluctuations in the tokamak scrape-off layer (SOL) generally display an intermittent character with strongly non-Gaussian amplitude statistics. Spatiotemporal imaging of turbulent fluctuations at the outer midplane revealed the propagation of turbulent field-aligned filament structures, which peel-off the separatrix region and propagate radially outwards to the wall. A newly installed D-alpha turbulent imaging diagnostic measuring in the strong magnetic shear region close to the lower X-point in Alcator C-Mod allows for a detailed comparison of the properties of turbulent fluctuations between the outer midplane and X-point region. In contrast to the mostly circular cross-sections of turbulent structures at the midplane, structures are strongly elongated in radial direction at the X-point view. The elongation is consistent with magnetic flux surface expansion, which strongly suggests the filamentary nature of structures along the magnetic field. The X-point imaging data are directly compared to simultaneous fluctuation measurements obtained from an array of D-alpha diode views arranged radially and poloidally at the outer midplane. The statistical properties of fluctuations and the propagation speed of spatiotemporal fluctuations structures in the two regions are compared.

P 16.15 Mi 17:30 Foyer des IfP

Experimental Investigation of Magnetic Flux Tubes — FELIX MACKEL, HOLGER STEIN, ●JAN TENFELDE, and HENNING SOLTWISCH — Ruhr University Bochum, Bochum, Germany

High temperature plasmas interact strongly with external and internal magnetic fields; this leads to the development of collimated structures and kink-like instabilities. In the frame of the FlareLab project a arc-shaped discharge, reminiscent of solar prominences, is investigated. The design of the pulsed discharge, which was inspired by previous works of Bellan et al.[1], is modular and allows easy replacement of the electrode system. A floating electrostatic triple-probe [2] and magnetic induction probes are employed to monitor the development of discharge current, density and temperature. The emission is analysed by means of a fast framing ICCD camera and a Spex 1m spectrograph. Combining the different diagnostics, the size and evolution of the discharge current channel can be examined. The focus lies on an investigation of the temporal evolution of kink-like structures. An MHD

effect described by Bellan et al.[3], which leads to an increase of the gas flow velocity in the electrode vicinity, is examined.

[1] P.M. Bellan and J.F. Hansen, Phys. Plasmas 5 (1998), (1991).

[2] S.L. Chen, T. Sekiguchi, J. Appl. Phys. 36, 8 (1965).

[3] E.V. Stenson, P.M. Bellan, IEEE Trans. Plasma Sci. 36, 4 (2008).

P 16.16 Mi 17:30 Foyer des IfP

Technical Realization of a Magnetic Field Topology Suitable for a Simulation of Solar Flares — ●HOLGER STEIN, JAN TENFELDE, and HENNING SOLTWISCH — Ruhr University Bochum, Bochum, Germany

Solar flares show periods of long term stability (ranging from days up to weeks), while the expansion into space after becoming unstable occurs on much shorter timescales. Titov and Démoulin [1] proposed a model configuration of magnetic flux surfaces, which successfully reproduces the evolution of certain flare structures observed on the solar surface.

In the frame of this work, the possibility of scaling down the model assumptions to laboratory experiment dimensions is investigated. An electrode design is proposed being consistent with the boundary conditions implied by the model. The experimental realization of the magnetic field structure is compared to model calculations following the approach of Titov and Démoulin.

[1] V.S. Titov, P. Démoulin, Astron. Astrophys. 351, 707-720 (1999).

P 16.17 Mi 17:30 Foyer des IfP

Sheared plasma rotation in stochastic magnetic fields — ●ANDREAS WINGEN and KARL-HEINZ SPATSCHKE — Theoretische Physik I, Universität Düsseldorf, D-40225 Düsseldorf

In this work we discuss the generation of sheared plasma flows by stochastic magnetic fields. Zonal flows are prominent examples of flow generation by nonlinearities in plasmas. They have been reported and analyzed for a long time in laboratory and astrophysical plasmas. The interesting point in the present context is that a sheared plasma flow may be generated by controllable magnetic fluctuations as produced by ergodic divertor coils in tokamaks. Stochastic magnetic fields in incomplete chaos influence the drift motion of electrons and ions differently. Using a fast mapping technique, it is demonstrated how a sheared plasma rotation can be induced by the radial part of the ambipolar electric field. The results are applied to poloidal rotation profiles in magnetically confined plasmas. Scaling laws for plasma losses and the onset of sheared plasma rotation are presented.