

## PLASMAPHYSIK UND FUSIONSFORSCHUNG - ENERGIE FÜR DIE ZUKUNFT (SYPZ)

gemeinsam veranstaltet  
 Fachverband Plasmaphysik (P) und  
 Arbeitskreis Energie (AKE)

Sibylle Günter  
 MPI für Plasmaphysik  
 Boltzmannstr. 2  
 D-85748 Garching  
 E-Mail: sibylle.guenter@ipp.mpg.de

Martin Keilhacker  
 Kapellengartenstr. 11  
 D-81247 München  
 E-Mail: Martin.Keilhacker@SoftDesign.de

### EINLEITUNG

Über neunzig Prozent des Weltenergiebedarfs wird heute aus fossilen Rohstoffen gedeckt. Eine alternative Energiequelle für die Zukunft könnte die Kernfusion sein. Im Symposium soll sowohl die mögliche Rolle der Kernfusion in einem künftigen Energieszenario aufgezeigt als auch der aktuelle Stand der Forschungen auf dem Gebiet magnetisch eingeschlossener Plasmen diskutiert werden. Dabei geht es insbesondere um die physikalischen Probleme, die für die Auslegung eines künftigen Fusionsreaktors von entscheidender Bedeutung sind: Die Güte des magnetischen Einschlusses (vor allem begrenzt durch turbulente Fluktuationen) und die magnetohydrodynamische Stabilität bestimmen die Minimalgröße eines künftigen Fusionsreaktors. Probleme der Plasma-Wand-Wechselwirkung sind entscheidend für seine Lebensdauer, und die Physik von  $\alpha$ -Teilchen geheizten Plasmen wird eines der wesentlichsten Forschungsthemen am ITER Experiment sein - ein in internationaler Zusammenarbeit geplantes Tokamak-Experiment, in dem erstmals mehr Energie erzeugt werden soll als zur Plasmaheizung erforderlich ist. Eine Zusammenfassung der wichtigsten physikalischen Grundlagen dieses Experiments wird in einem Vortrag unmittelbar vor dem Symposium vorgestellt (R. Stambaugh, General Atomics, San Diego).

### ÜBERSICHT DER HAUPTVORTRÄGE UND FACHSITZUNGEN

(Hörsaal HU 3038)

#### Hauptvorträge

P 22.1	Di	10:15	(HU 3038)	<b>Fusion Physics Toward ITER</b> , <u>R. D. Stambaugh</u>
SYPZ 1.1	Di	11:00	(HU 3038)	<b>The long-term energy issue and the possible role of nuclear fusion</b> , <u>William D'haeseleer</u>
SYPZ 1.2	Di	11:30	(HU 3038)	<b>Alternative Einschlusskonzepte</b> , <u>Friedrich Wagner</u>
SYPZ 1.3	Di	12:00	(HU 3038)	<b>Energetic ion physics for burning plasmas</b> , <u>Ambrogio Fasoli</u>
SYPZ 2.1	Di	14:00	(HU 3038)	<b>Key R&amp;D issues in the field of ITER Diagnostics</b> , <u>A.J.H. Donne</u>
SYPZ 2.2	Di	14:30	(HU 3038)	<b>Anomalous transport in tokamak plasmas</b> , <u>Arthur G. Peeters</u>
SYPZ 2.3	Di	15:00	(HU 3038)	<b>Active Control of MHD Instabilities in Fusion Plasmas</b> , <u>Hartmut Zohm</u>
SYPZ 2.4	Di	15:30	(HU 3038)	<b>Plasma-Wand-Wechselwirkung</b> , <u>Ulrich Samm</u>

#### Fachsitzungen

SYPZ 1	<b>SYPZ I</b>	Di 11:00–12:30	HU 3038	SYPZ 1.1–1.3
SYPZ 2	<b>SYPZ II</b>	Di 14:00–16:00	HU 3038	SYPZ 2.1–2.4

## Fachsitzungen

– Hauptvorträge –

### SYPZ 1 SYPZ I

Zeit: Dienstag 11:00–12:30

Raum: HU 3038

#### Hauptvortrag

SYPZ 1.1 Di 11:00 HU 3038

**The long-term energy issue and the possible role of nuclear fusion** — ●WILLIAM D'HAESELEER — University of Leuven Energy Institute, Celestijnenlaan 300, B-3001 LEUVEN (Heverlee), Belgium

From a general analysis of the world energy issue, driven by a variety of elements such as the enhanced greenhouse effect, the strong fluctuations in energy prices, the world-wide drive towards liberalization of the grid-based energy carriers, and the social-driven tendency to integration of renewable energy sources and decentralized generation, it is argued that an affordable, clean and reliable energy supply will have to consist of a portfolio of primary energy sources, a large fraction of which will be converted to a secondary carrier in large base-load plants. In the light of major uncertainties in the long-term energy provision, the sensible approach with regard to energy-conversion technologies is not an 'either-or', but an 'and-and' philosophy. All three long term options, renewables, fission and fusion, should be further explored and developed so that future generations can choose the composition of an appropriate energy-source basket. It would be irresponsible towards future generations not to pursue a potentially successful energy source such as nuclear fusion. Indeed, future fusion power plants have good prospects to qualify as economic and environmentally benign base-load electricity generation plants. The author tries to explore and understand why nuclear-fusion research is not considered as being strategically important by many energy analysts.

#### Hauptvortrag

SYPZ 1.2 Di 11:30 HU 3038

**Alternative Einschlusskonzepte** — ●FRIEDRICH WAGNER — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Teilinstitut Greifswald, EURATOM Assoziation

Neben der Hauptlinie im toroidalen Einschluss, dem Tokamak, werden mit dem Stellarator und dem Reversed Field Pinch (RFP) zwei weitere toroidale Einschlusskonzepte weltweit verfolgt. In Europa werden Stellaratoren in Deutschland und in Spanien, RFPs werden in Italien und in Schweden gebaut und betrieben. Die prinzipiellen Möglichkeiten dieser Konfigurationen, aus denen sich besondere Kraftwerkslösungen ergeben könnten, sind der instabilitätsarme Betrieb des Stellarators mit der

intrinsischen Eignung zum Dauerstrichbetrieb und die denkbare Plasmazündung beim RFP ohne Zusatzmaßnahmen von aussen. Die Forschung des letzten Jahrzehnts an beiden Konfigurationen hat aber auch Beschränkungen und Mängel gezeigt, die ihren Ursprung gerade in den Wesensmäßigkeiten haben, die andererseits auch das Potential der jeweiligen Konfiguration ausmachen. Beim Stellarator ist es die 3-dimensionale Feldkonfiguration, die aus ganz prinzipiellen Gründen zu nicht tolerierbaren Teilchen- und Energieverlusten führt; beim RFP ist es das hohe Niveau an magnetischer Turbulenz, das über den Weg der Selbstorganisation Einschluss schafft aber doch zu hohe Verluste zur Folge hat. Für beide Systeme hat es in den letzten Jahren bemerkenswerte Konzeptverbesserungen gegeben; die physikalischen Grundlagen und das Maß der Verbesserung werden aufgezeigt.

#### Hauptvortrag

SYPZ 1.3 Di 12:00 HU 3038

**Energetic ion physics for burning plasmas** — ●AMBROGIO FASOLI — CRPP EPFL, CH-1015 Lausanne, Switzerland

Reaching a basic understanding of the behavior of burning plasmas (self-heating due to fusion produced  $\alpha$ -particles dominates the heating of the plasma) represents one of the primary scientific challenges in the effort of demonstrating the scientific feasibility of fusion. A number of new phenomena are expected in a burning plasma regime, including effects of alpha particles on macroscopic plasma stability, the transport of alpha particles induced by background plasma turbulence, the dynamics of the fusion burn, and the interaction of alphas with plasma waves and instabilities, possibly leading to their redistribution and losses. Although this new field of research will only be assessed, in an integrated way, in new, dedicated experimental facilities, such as the International Tokamak Experimental Reactor (ITER), present experiments producing weakly self-heated plasmas can investigate specific scientific issues in regimes relevant to burning plasmas. Particular attention is given to Alfvén Eigenmodes (AEs), weakly damped modes that resonate with alpha particles and other energetic ions in the MeV energy range and can induce ion redistribution and losses. Examples of studies of the stability, nonlinear properties and control methods for AEs for different plasma parameters and different additional heating schemes will be shown.

### SYPZ 2 SYPZ II

Zeit: Dienstag 14:00–16:00

Raum: HU 3038

#### Hauptvortrag

SYPZ 2.1 Di 14:00 HU 3038

**Key R&D issues in the field of ITER Diagnostics** — ●A.J.H. DONNE — FOM-Institute for Plasma Physics Rijnhuizen, PO Box 1207, 3430 BE Nieuwegein, The Netherlands

The development of diagnostics for the ITER tokamak is a major challenge. Within the International Tokamak Physics Activity (ITPA), one Topical Group (TG) specialises in diagnostics and aims to support the development of the needed systems. The work of the group includes the identification and development of the requirements for measurements, advising on the selection and design of techniques and on their implementation on ITER, and development of appropriate databases. Several tasks have been identified as 'high priority' and form the focus of current work: (i) Review of the requirements for measurements of the neutron/ $\alpha$ -particle source profile and assessment of possible methods of measurement (ii) Development of methods of measuring the energy and density distribution of confined and escaping  $\alpha$ -particles (iii) Study of the environmental effects on the life-time of first mirrors used in various ITER diagnostics (iv) Assess impact of Radiation Induced Electro-Motive Force (RIEMF) and Radiation Induced Thermo-Electric Sensitivity (RITES) on magnetic measurements and develop methods for the measurement of steady state magnetic fields under ITER conditions (v) Development of diagnostics for the in-situ measurement of dust and study of possible

mitigation measures In the presentation a brief overview of the field of ITER diagnostics will be given, with the specific emphasis on a number of the issues listed above.

#### Hauptvortrag

SYPZ 2.2 Di 14:30 HU 3038

**Anomalous transport in tokamak plasmas** — ●ARTHUR G. PEETERS — Max Planck Institut fuer plasma physics, Boltzmannstr. 2 85748 Garching

In a fusion reactor energy and particles must be confined for a sufficient long time in order for a sufficient amount of fusion reactions to occur. Transport fluxes, however, do not follow the classical predictions based on particle orbits and Coulomb collisions. It is referred to as anomalous, and is thought to be the consequence of micro-instabilities leading to a turbulent state. The study of anomalous transport receives much attention because it is a key issue for a reactor, but also because it is a challenging physics problem. Turbulence in a tokamak has several unique features compared to other physical systems due to the existence of a strong magnetic field in combination with a (nearly) collisionless plasma.

In this talk the basic features of the micro-instabilities are discussed. Driving and damping terms as well as the role of basic physics ingredients, such as collisions, are introduced. The non-linear state and saturation mechanisms are then reviewed. After this discussion on theory

a critical comparison with the experimental observations is presented. The latter will show that significant progress has been made in the last decade.

### Hauptvortrag

SYPZ 2.3 Di 15:00 HU 3038

#### Active Control of MHD Instabilities in Fusion Plasmas —

•HARTMUT ZOHN — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Boltzmannstr. 2, 85748 Garching

Global MHD instabilities limit the operational space of magnetically confined fusion plasmas. The driving free energy is associated with the gradient of the kinetic plasma pressure and, in devices which rely on strong internal currents to generate the confining field, the gradient of the current density. With the availability of localised heating and current drive in the Electron Cyclotron frequency range, it has recently become possible to improve the stability of tokamak plasmas against MHD instabilities with relatively modest power requirements. The talk reviews experimental results obtained on a number of tokamak experiments worldwide. It is also shown that significant progress has been made in understanding these phenomena.

### Hauptvortrag

SYPZ 2.4 Di 15:30 HU 3038

Plasma-Wand-Wechselwirkung — •ULRICH SAMM — Institut für Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, 52425 Jülich

Zum ersten mal in der Menschheitsgeschichte ist der komplette Entwurf einer Maschine gelungen, die nach dem Prinzip der kontrollierten Kernfusion unter quasi-stationären Bedingungen einen signifikanten Überschuss an Energie liefern wird: Der *International Tokamak Experimental Reactor (ITER)* soll bei einer thermischen Leistung von 500 MW 10mal mehr Energie liefern, als zur Erzeugung des erforderlichen Hochtemperaturplasmas erforderlich ist. Damit wird der Beweis der grundsätzlichen physikalischen Machbarkeit der kontrollierten Kernfusion geführt.

Während die Plasmen in den experimentellen Anlagen zeitlich begrenzt erzeugt werden (z.B. Pulsdauer in ITER etwa 8 Minuten), muss ein Kraftwerk für Monate kontinuierlich laufen. Die Realisierung eines solchen Dauerbetriebes stellt eine der verbleibenden großen Herausforderungen der Fusionsforschung dar.

Dabei ist die Plasma-Wand-Wechselwirkung ein Schlüsselthema. Die multidisziplinäre Optimierungsaufgabe betrifft sowohl die Gestaltung der Plasmamparameter im Randbereich als auch die Frage der einzusetzenden Wandmaterialien. Dieses Zusammenspiel bestimmt die Lebensdauer von Wandkomponenten und hat auch Auswirkungen auf die Verfügbarkeit der gesamten Anlage, z.B. wegen eines evtl. zu starken Einfangs von Tritium in den Wänden. Der Beitrag wird das Forschungsprogramm in diesem Bereich darlegen und mögliche Lösungen der Probleme diskutieren.