

ABTEILUNG FÜR PLASMAPHYSIK




ASSOZIATION EURATOM-ÖAW

Institut für Theoretische Physik
Technische Universität Graz
Petersgasse 16, 8010 Graz
Austria




Dipl.-Ing. Dr.techn. Winfried Kernbichler
Tel: +43(316)873-8182
Fax: +43(316)873-8678
Email: kernbichler@itp.tu-graz.ac.at

MITARBEITER






Professoren:

Ass.-Prof. W. Kernbichler 
Ao.Univ.-Prof. M. Heyn 
Univ.-Prof. M. Heindler 

Wissenschaftl. Mitarbeiter:

Dr. S. Kasilov 
Dr. V. Nemov 
Dr. R. Kamendje 

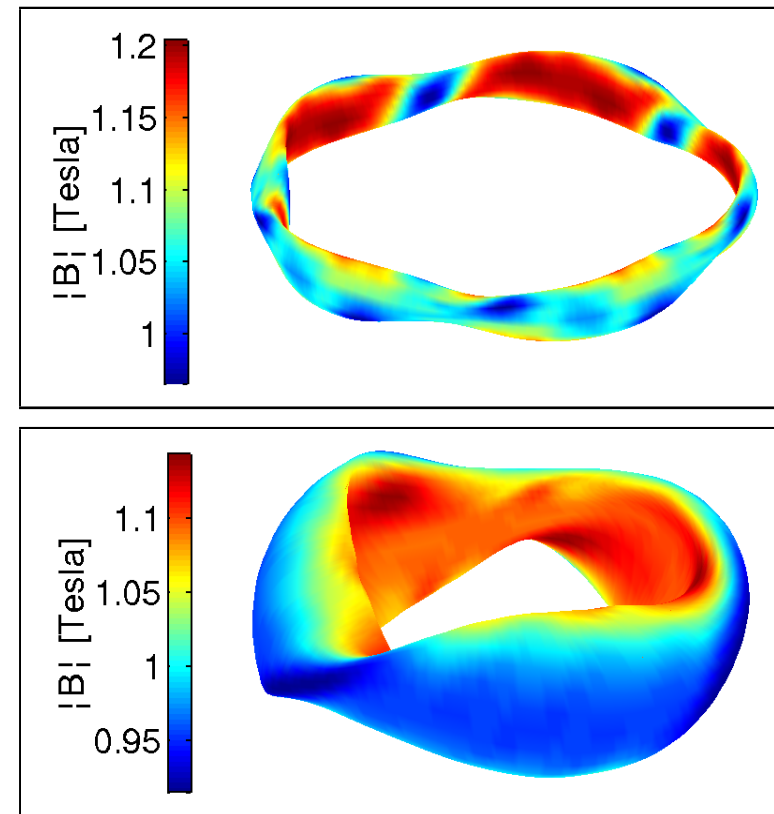
Dissertanten und Diplomanden:

DI Mag. B. Seiwald 
DI G. Leitold 
DI Ch. Eherer 
DI M. Baumann 
DI K. Allmaier 

NEOKLASSISCHER TRANSPORT

Es gibt im Prinzip drei Möglichkeiten wie sich geladene Teilchen, die ein magnetisiertes Plasma bilden, quer zum Magnetfeld bewegen können: 1. Diffusion aufgrund von Stößen, 2. Driftbewegung verursacht durch Gradienten und Krümmung des Magnetfeldes und 3. aufgrund elektrischer Felder. Man bezeichnet diesen Transport als klassisch. Im Falle toroidaler Anordnungen wie dem Tokamak oder dem Stellarator, führen die dadurch erzeugten räumlichen Inhomogenitäten des Magnetfeldes zu erhöhtem, dem sog. neoklassischen Transport. Die Minimierung dieses neoklassischen Transports ist einer der wesentlichen Aspekte in der Stellaratoroptimierung. Unser Ziel ist die Entwicklung schneller und neuer (analytischer wie auch numerischer) Methoden zur Berechnung dieses Transports sowie von Gleichgewichtsplasmaströmen in Stellaratoren mit realistischer Magnetfeldgeometrie. Die entwickelten Codes bzw. die damit erzielten Ergebnisse finden Verwendung in einer Reihe von bereits existierenden Stellaratoren (z.B. W7-AS) sowie in internationalen Optimierungsstudien diverser Stellaratoranordnungen (z.B. NCSX).

NEOKLASSISCHER TRANSPORT



Magnetische Flußflächen der Stellaratoren W7-AS (Garching, oben) und NCSX (Princeton, unten).

STELLARATOROPTIMIERUNG

Bei diesem Projekt wird ein neuer und schneller Coder zur Optimierung von Stellaratoren entwickelt. Das Ziel ist die Minimierung des neoklassischen Transports - einer der Schlüsselaspekte der Stellaratorphysik. Die Basis bildet ein in dieser Gruppe entwickelter Code zur Berechnung des neoklassischen Transports in Real Space. Der Code ist in der Lage mit realen Vakuumfeldern (inclusive magnetischer Inseln), unabhängig von deren Komplexität, arbeiten.

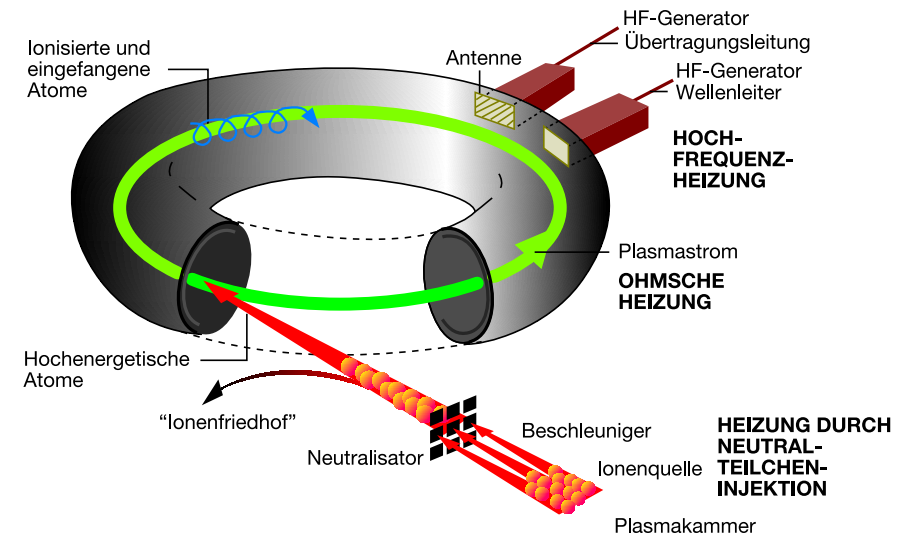
Die Simulation soll mögliche Verbesserungen bestehender Stellaratoren zeigen, wenn sowohl die Ströme in den Spulen als auch die Position und Winkel der Spulen modifiziert werden. Dieses Werkzeug ist in der Lage die optimale Konfiguration in Hinblick auf den neoklassischen Transport im long-mean-free-path regime für bestehende Fusionsexperimente zu finden.

Weiters soll gezeigt werden, daß es möglich ist solche Optimierungen mit weniger Computerleistung durchzuführen, als dies bei jenen Verfahren der Fall ist, bei denen Programme zur Berechnung von MHD-Gleichgewichten verwendet werden. Eine Parallelisierung des Programms ermöglicht die Verwendung von billigen PC-Clustern statt teurer Supercomputer.

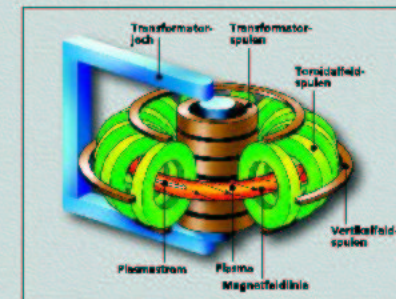
RADIOFREQUENZHEIZUNG

Plasmen in Fusionsanlagen werden auf verschiedene Arten geheizt (s. Bild). Darunter zeichnen sich die Radiofrequenz Heizung von Elektronen (Electron Cyclotron Resonance Heating, ECRH) und die Radio Frequenz Stromgenerierung durch Elektronen (Electron Cyclotron Current Drive, ECCD) durch die räumlich sehr gut lokalisierte Welle-Teilchen Wechselwirkung (sehr kleine Wellenlängen), die Flexibilität bezüglich des Ortes der Energiedeposition und der Stromgenerierung und somit eine Kontrolle des Stromprofils ermöglicht, aus. Ziel ist die Modellierung der Welle-Teilchen Wechselwirkungen für beliebige Werte eines Nichtlinearitätsparameters im Rahmen der Hamiltonschen Mechanik. Die Kombination dieses Modells mit der Modellierung von Coulombstößen wird verwendet, um wichtige Kenngrößen wie die Elektronenverteilungsfunktion, das Absorptionsprofil und die „current drive efficiency“, numerisch zu berechnen. Die kinetische Gleichung wird im Rahmen der „mapping technique“ (stochastische Abbildungen) behandelt. Numerische Berechnungen erfolgen u.a. mit Monte Carlo Algorithmen.

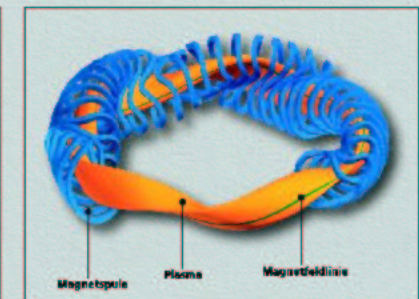
PLASMAHEIZUNG



Tokamak



Stellarator



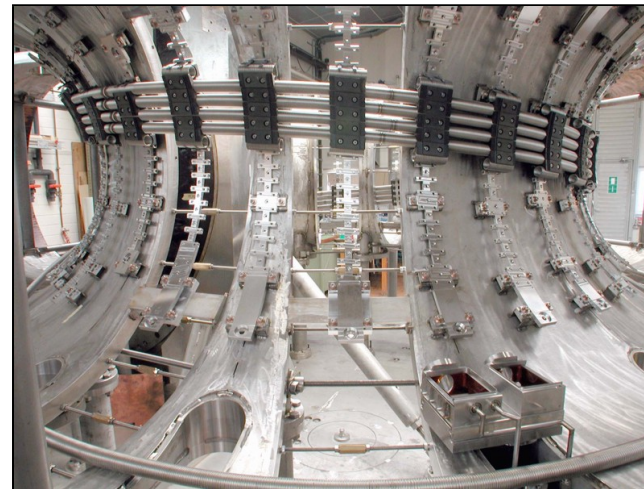
DYNAM. ERGOD. DIVERTOR (DED)

Für den Betrieb eines Fusionsreaktors spielt die kontrollierte Entfernung

- von Verunreinigungen des Plasmas (z.B. durch Atome aus der Reaktorwand)
- von Fusionsprodukten aus dem Plasmainneren

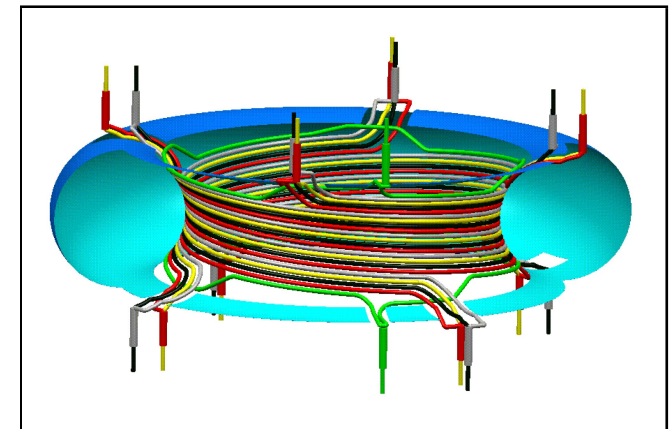
eine wesentliche Rolle. Sowohl Verunreinigungen als auch die Heliumasche bringen den Brennprozeß zum Erliegen. In den großen Tokamaks (JET, ASDEX-Upgrade) kommen derzeit X-Punkt-Divertoren zum Einsatz. Wir untersuchen ein neues, andersartiges Konzept, den DED, der am TEXTOR-94 in Jülich gebaut wird. Mittels spezieller elektromagnetischer Störfelder, die durch externe Spulensysteme erzeugt werden, verändert man die Magnetfeldtopologie im Randbereich des Plasmas, um die gewünschten Eigenschaften zu erzielen. Zielsetzung ist die physikalische und numerische Modellierung des Problems ausgehend von den Maxwellgleichungen und einer geeigneten Beschreibung der Plasmadynamik.

DYNAM. ERGOD. DIVERTOR (DED)



DED Prototyp
für TEXTOR (FZ
Jülich)

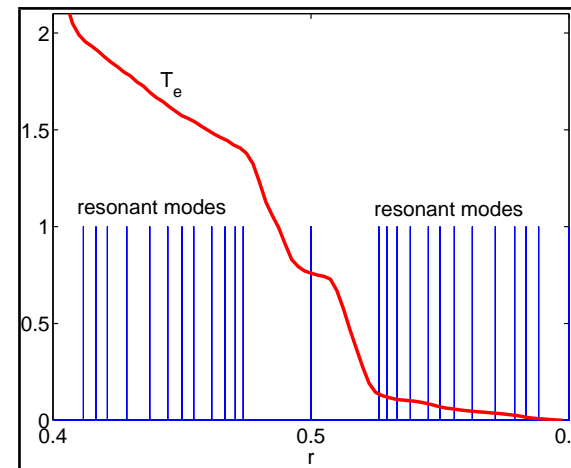
DED Schema
(FZ Jülich)



TRANSPORTBARRIEREN

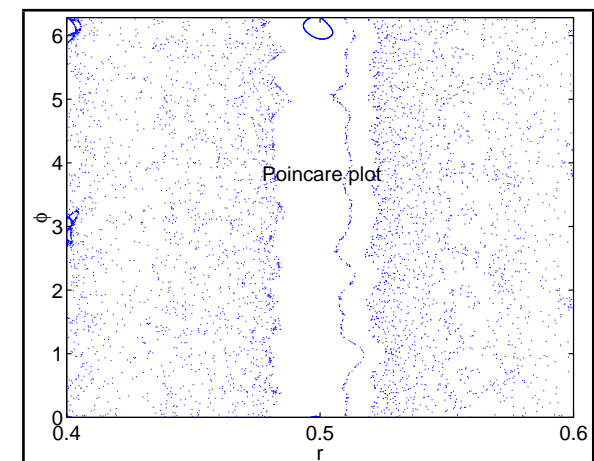
Tokamakexperimente zeigen die Ausbildung von radial stark lokalisierten Transportbarrieren charakterisiert durch stark reduzierten Wärmetransport und hohen Temperaturgradienten. Das bevorzugte Auftreten dieser Barrieren nahe rationaler Flussflächen mit niederen poloidalen und toroidalen Modezahlen wird im Rahmen der Hamiltonschen Störungstheorie durch die Analyse breitbandiger Störspektren erklärt; Flussflächen werden zerstört und es bilden sich Bereiche mit Inseln, deren Überlappung schlussendlich zu einer Art Diffusion von Feldlinien führt. Ein Überlappungskriterium kann definiert werden, welches die Ausbildung der Barrieren erklärt und mit dem auch Amplitude und spektrale Breite der experimentell beobachteten magnetischen Störungen bestimmt werden können. Die Ergebnisse sind konsistent mit der turbulenten skin-depth Theorie. Die theoretischen Ergebnisse sind auch in guter Übereinstimmung mit von dieser Theorie unabhängig durchgeführten numerischen Experimenten. Diese wurden mit Hilfe des in Zusammenarbeit mit FZ Jülich entwickelten MHD Monte Carlo Transportcodes E3D durchgeführt.

TRANSPORTBARRIEREN



Transportbarriere an der resonanten Fläche $r = 0.5$ (RTP, Rijnhuizen)

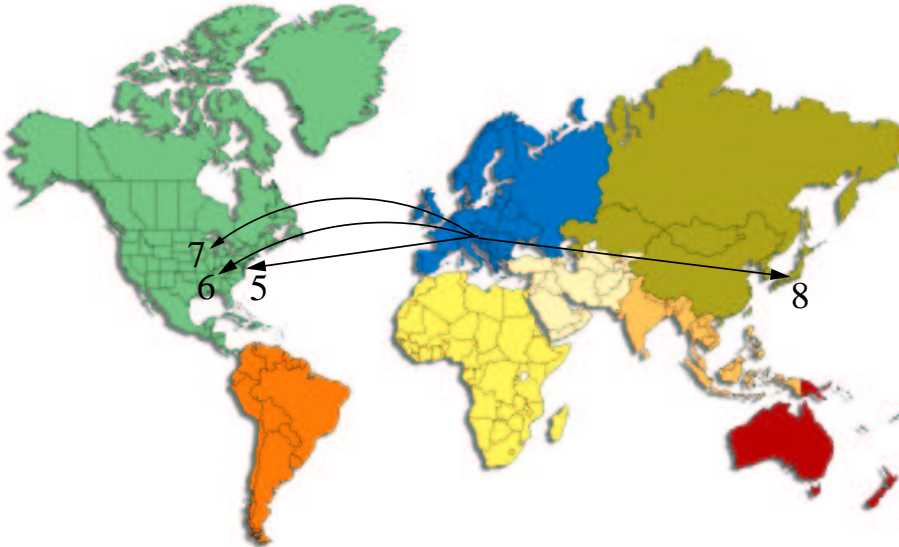
Ergebnisse des E3D Monte Carlo Transportcodes (RTP, Rijnhuizen)



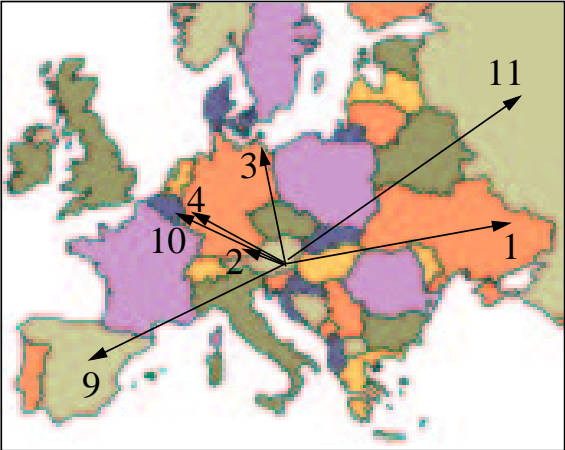
ENERGIE AUS KERNFUSION

Energie aus Kernfusion ist das langfristige Ziel, physikalische und technologische Forschung der aus öffentlichen Mitteln finanzierte Weg. Immer mehr spielen bei Entscheidungen über die zukünftige Gestaltung des Fusionsprogramms sozioökonomische, sicherheits- und umweltbezogene Fragestellungen eine wesentliche Rolle. Die Europäische Union hat 1997 das Programm SERF (Socio-Economic Research on Fusion) gestartet. Die laufende 3. Phase vertieft bisherige Studien (direkte und externe Kosten der Energie aus Kernfusion, Kernfusion als Teil des Energiesystems, Kernfusion und öffentliche Meinung) und betreut die Beteiligung am „Implementing Agreement on the Environmental, Safety and Economic (ESE) Aspects of Fusion Power“ der Internationalen Energieagentur (IEA). Die Betreuung der österreichischen Beteiligung am SERF-Programm und die Beteiligung an den Beratungen der Europäischen Kommission im Rahmen des Komitees für Wissenschaft und Technologie (STC) sind zentraler Punkt dieser Arbeiten.

KOOPERATIONEN



- 1 IPP, Kharkov, Ukraine █ █ █ █
- 2 IPP MPI, Garching, Deutschland █ █
- 3 IPP MPI, Greifswald, Deutschland █ █ █ █
- 4 FZ, Jülich, Deutschland █ █
- 5 PPPL, Princeton, NJ, USA █
- 6 ORNL, Oak Ridge, TN, USA █
- 7 Univ. of Wisconsin, Madison, WI, USA █
- 8 NIFS, Toki, Japan █
- 9 CIEMAT, Madrid, Spain █
- 10 Univ. Libre de Bruxelles, Brüssel, Belgien █
- 11 „Kurchatov Institute“, Moskau, Rußland █



FINANZIERUNG

EURATOM, FWF, ÖAW

Bildquellen:
 Bilder für DED und Plasmaheizung mit freundlicher Genehmigung vom
 FZ Jülich.