

Jahrbuch der
Heinrich-Heine-Universität
Düsseldorf

Heinrich Heine
HEINRICH HEINE
UNIVERSITÄT
DÜSSELDORF

2005/2006

Heinrich Heine

**Jahrbuch der
Heinrich-Heine-Universität
Düsseldorf
2005/2006**

**Jahrbuch der
Heinrich-Heine-Universität
Düsseldorf
2005/2006**

**Herausgegeben vom Rektor
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
Univ.-Prof. Dr. Dr. Alfons Labisch**

**Konzeption und Redaktion:
em. Univ.-Prof. Dr. Hans Süßmuth**

© Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf 2006
Einbandgestaltung: Wiedemeier & Martin, Düsseldorf
Titelbild: Schloss Mickeln, Tagungszentrum der Universität
Redaktionsassistenz: Georg Stüttgen
Beratung: Friedrich-K. Unterweg
Satz: Friedhelm Sowa, L^AT_EX
Herstellung: WAZ-Druck GmbH & Co. KG, Duisburg
Gesetzt aus der Adobe Times
ISBN 3-9808514-4-3

Inhalt

Vorwort des Rektors	11
Gedenken	15
Rektorat	17
ALFONS LABISCH (Rektor)	
Die Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf ist eine Forschungsuniversität ..	19
HILDEGARD HAMMER	
Der Bologna-Prozess – Chancen und Schwächen einer erzwungenen Studienreform	29
CHRISTOPH AUF DER HORST	
Das Studium Universale der Heinrich-Heine-Universität zwischen „akademeia“ und „universitas“	41
40 Jahre Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf	
HERMANN LÜBBE	
Universitätsjubiläen oder die Selbsthistorisierung der Wissenschaften	53
Medizinische Fakultät	
<i>Dekanat</i>	65
<i>Neu berufene Professorinnen und Professoren</i>	69
WOLFGANG H. M. RAAB (Dekan) und SIBYLLE SOBOLL	
Forschung und Lehre in der Medizinischen Fakultät	73
JÜRGEN SCHRADER	
Systembiologie – Neue Perspektiven für die Medizin?	79
ORTWIN ADAMS und HARTMUT HENGEL	
Husten, Schnupfen, Heiserkeit – Über alte und neue Respirationstraktviren	85
WILFRIED BUDACH und EDWIN BÖLKE	
Strahlende Zukunft – Radioonkologie 2010	103
HILDEGARD GRASS und STEFANIE RITZ-TIMME	
Frauen- und Geschlechterforschung, Gewaltopfer und Rechtsmedizin	107
GESINE KÖGLER und PETER WERNET	
Die José Carreras Stammzellbank Düsseldorf – Entwicklung, klinische Ergebnisse und Perspektiven	119

NIKOLAS HENDRIK STOECKLEIN und WOLFRAM TRUDO KNOEFEL Disseminierte Tumorzellen bei gastrointestinalen Karzinomen – Molekular- genetische Analyse der relevanten Tumorzellen zum Aufsuchen therapeu- tischer Zielstrukturen für effektive adjuvante Therapien	137
---	-----

Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät

<i>Dekanat</i>	151
<i>Neu berufene Professorinnen und Professoren</i>	153
PETER WESTHOFF (Dekan) Die Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät – Der Weg im Jahr 2005	159
JÖRG BREITKREUTZ Arzneizubereitungen für Kinder	161
STEFAN U. EGELHAAF Weiche Materie – Treffpunkt von Physik, Chemie und Biologie	173
THOMAS HEINZEL Nanoelektronik und mesoskopischer Transport	185
MICHAEL LEUSCHEL und JENS BENDISPOSTO Das ProB-Werkzeug zur Validierung formaler Softwaremodelle	199
CHRISTINE R. ROSE Doppelt hält besser – Elektrische und chemische Signalgebung in Gehirnzellen	209

Philosophische Fakultät

<i>Dekanat</i>	227
<i>Neu berufene Professorinnen und Professoren</i>	229
BERND WITTE (Dekan) Die Philosophische Fakultät auf dem Weg in die entgrenzte Wissensgesellschaft	231
ANDREA VON HÜLSEN-ESCH, WILHELM G. BUSSE und CHRISTOPH KANN Das Forschungsinstitut für Mittelalter und Renaissance	237
SABINE KROPP Institutionenbildung in postsowjetischen Ländern – Entwurf eines Analysekonzepts	245
KARL-HEINZ REUBAND Teilhabe der Bürger an der „Hochkultur“ – Die Nutzung kultureller Infrastruktur und ihre sozialen Determinanten	263

SHINGO SHIMADA Wozu „Modernes Japan“? Zur Konzeptualisierung des Lehrstuhls „Modernes Japan II mit sozialwissenschaftlichem Schwerpunkt“	285
Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät	
<i>Dekanat</i>	293
CHRISTOPH J. BÖRNER (Dekan) Bachelor und Master in der Betriebswirtschaftslehre – Der Düsseldorfer Ansatz	295
HEINZ-DIETER SMEETS und H. JÖRG THIEME Demographische Entwicklung und Globalisierung – Ökonomische Konsequenzen	311
HORST DEGEN und PETER LORSCHIED „Euro = Teuro“ – Lässt sich diese Gleichung statistisch belegen?	329
BERND GÜNTER und LUDGER ROLFES Wenn Kunden lästig werden – Kundenbewertung und Umgang mit unprofitablen Kundenbeziehungen durch Unternehmen	345
BERND GÜNTER Über den Tellerrand hinaus – „Studium laterale“	359
Juristische Fakultät	
<i>Dekanat</i>	367
HORST SCHLEHOFER (Dekan) Das Bachelor-Master-System – Ein Modell für die Juristenausbildung?	369
ANDREAS FEUERBORN Der integrierte deutsch-französische Studiengang der Juristischen Fakultäten der Université de Cergy-Pontoise und der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf	379
ULF PALLME KÖNIG Die rechtliche Einordnung der Kooperationsvereinbarung zwischen Uni- versität und Universitätsklinikum nach nordrhein-westfälischem Recht	387
Gesellschaft von Freunden und Förderern der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf e.V.	
GERT KAISER Die Freundesgesellschaft der Heinrich-Heine-Universität	401
OTHMAR KALTHOFF Jahresbericht 2005	405

Sonderforschungsbereiche der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

- CHRISTEL M. MARIAN und WILHELM STAHL
 Der Sonderforschungsbereich 663
 „Molekulare Antwort nach elektronischer Anregung“ 409

Forscherguppen der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

- VICTORIA KOLB-BACHOFEN, MIRIAM CORTESE, JÖRG LIEBMANN,
 SABINE KOCH und NICOLE FITZNER
 Regulation der Entzündungsreaktion –
 Eine wichtige Rolle für Stickstoffmonoxid 421

- DIRK SCHUBERT und JOCHEN F. STAIGER
 Die Analyse von „Was“ und „Wo“ in neuronalen Netzen
 des primären somatosensorischen Kortex 433

Graduiertenkollegs der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

- OSWALD WILLI
 Das Graduiertenkolleg 1203
 „Dynamik heißer Plasmen“ 453

- AXEL GÖDECKE
 Proteininteraktionen und -modifikationen im Herzen –
 Das Graduiertenkolleg 1089 auf dem Weg
 in das postgenomische Zeitalter 459

Zentrale wissenschaftliche Einrichtungen der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

Humanwissenschaftlich-Medizinisches Forschungszentrum

- DIETER BIRNBACHER
 Das Humanwissenschaftlich-Medizinische Forschungszentrum
 der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf 475

- DIETER BIRNBACHER und LEONORE KOTTJE-BIRNBACHER
 Ethische Fragen bei der Behandlung von Patienten
 mit Persönlichkeitsstörungen 477

Biotechnologie – Ein gemeinsamer Forschungsschwerpunkt der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf und des Forschungszentrums Jülich

- KARL-ERICH JAEGER
 Das Zentrum für Mikrobielle Biotechnologie 491

CHRISTIAN LEGGEWIE, THOMAS DREPPER, THORSTEN EGGERT, WERNER HUMMEL, MARTINA POHL, FRANK ROSENAU und KARL-ERICH JAEGER Molekulare Enzymtechnologie – Vom Gen zum industriellen Biokatalysator	501
JÖRG PIETRUSZKA, ANJA C. M. RIECHE, NIKLAS SCHÖNE und THORSTEN WILHELM Naturstoffchemie – Ein herausforderndes Puzzlespiel	519
Institute an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf	
<i>Institut für umweltmedizinische Forschung</i>	
JEAN KRUTMANN Das Institut für umweltmedizinische Forschung an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf gGmbH	535
Institute in Zusammenarbeit mit der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf	
<i>Düsseldorfer Institut für Dienstleistungs-Management</i>	
WINFRIED HAMEL Das Düsseldorfer Institut für Dienstleistungs-Management – Eine virtuelle Forschungseinrichtung	561
<i>Institut für Internationale Kommunikation</i>	
CHRISTINE SCHWARZER und MATTHIAS JUNG Universitätsnah wirtschaften – Das Institut für Internationale Kommunikation in Zusammenarbeit mit der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf e.V.	573
Zentrale Einrichtungen der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf	
<i>Universitäts- und Landesbibliothek</i>	
IRMGARD SIEBERT und CAROLA SPIES Aufbruch in die Zukunft – Der 94. Deutsche Bibliothekartag in Düsseldorf	589
<i>Universitätsrechenzentrum</i>	
STEPHAN OLBRICH, NILS JENSEN und GABRIEL GAUS EVITA – Effiziente Methoden zur Visualisierung in tele-immersiven Anwendungen	607

OSWALD WILLI

Das Graduiertenkolleg 1203 „Dynamik heißer Plasmen“

Einleitung

„Dynamik heißer Plasmen“ ist das Thema eines gemeinsamen Graduiertenkollegs (GK) zwischen der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf und dem Forschungszentrum Jülich. Es existiert seit dem 1. Oktober 2005 und umfasst die Gebiete der Laserplasmen und der Angewandten Mathematik, die an der Heinrich-Heine-Universität angesiedelt sind, und der Fusionsplasmen, die am Institut für Plasmaphysik des Forschungszentrums Jülich erforscht werden. Die strategische Partnerschaft zwischen der Heinrich-Heine-Universität und dem benachbarten Forschungszentrum hinsichtlich einer koordinierten und interdisziplinären Ausbildung auf unterschiedlichen Gebieten der Plasmaphysik gehört zu den Besonderheiten dieses GK. Am 9. November 2005 wurde das GK offiziell auf Schloss Mickeln eröffnet. Zur Eröffnungsfeier wurden zwei renommierte internationale Wissenschaftler, Prof. Gérard Mourou und Prof. Jean Jacquinot, eingeladen, die Vorträge in den Gebieten der relativistischen Laser-Plasma-Wechselwirkung mit dem Titel „Relativistic Optics, a New Route to Attosecond Physics and Relativistic Engineering „Optics Horizon““ und der magnetischen Fusionsforschung mit dem Titel „Fusion energy and ITER: a challenge for research and higher education“ hielten.

Das Gebiet der Hochtemperatur-Plasmaphysik ist eines der aktuellen und faszinierenden Felder in der Physik und der Technologie. Die Untersuchungen umfassen neue exotische Zustände der Materie im relativistischen Bereich, astrophysikalische Prozesse im Labor, Ionen- und Elektronenbeschleuniger und neue Themen des magnetischen Einschlusses von Fusionsplasmen. Letzteres Thema ist im Hinblick auf die neuesten Entwicklungen bei der erstmaligen Realisierung eines brennenden 500-MW-Fusionsplasmas im internationalen Projekt ITER (*International Thermonuclear Experimental Reactor*) besonders aktuell.

Da das GK sowohl laserproduzierte als auch magnetisch eingeschlossene Plasmen abdeckt, profitiert die Forschung vom Synergieeffekt der beiden modernen Felder der Hochtemperatur-Plasmaphysik. Die Arbeitsmöglichkeiten der lokalen experimentellen Einrichtungen, ein KurzpulsLasersystem in Düsseldorf und der Tokamak TEXTOR in Jülich, sind ausgezeichnet. Zusätzlich haben beide Gruppen Zugang zu bedeutenden internationalen und nationalen Großeinrichtungen, wie zum Beispiel bei JET (Großbritannien), ASDEX-upgrade (Garching), VULCAN Laser (Rutherford Appleton Laboratory, Großbritannien) und LULI Laser (Frankreich), sowie zu einigen kleineren Anlagen.

Durch die Vernetzung der verschiedenen Gruppen aus der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf und dem Forschungszentrum Jülich kann ein breites Lehrangebot in der Hochtemperatur-Plasmaphysik mit den entsprechenden Synergieeffekten angeboten werden.

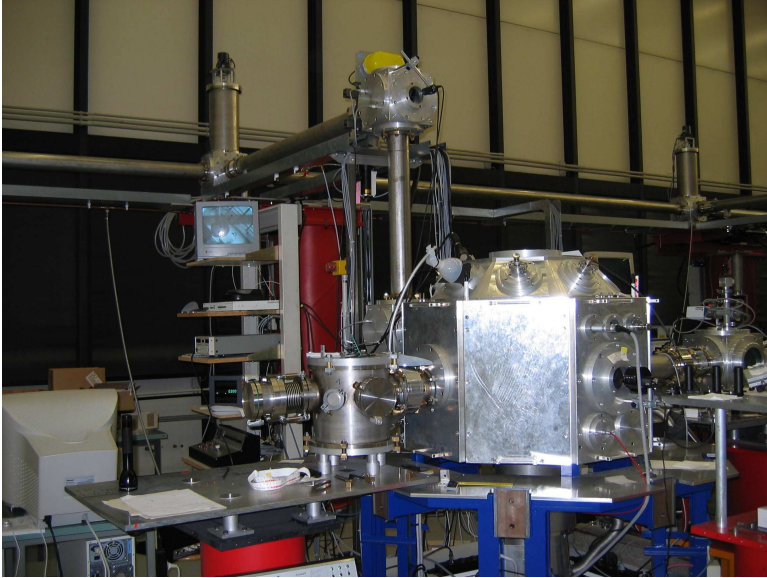


Abb. 1: Vakuumkammer für Laser-Plasma-Wechselwirkungsexperimente

Bestehend aus einer Reihe spezieller Vorlesungen, Trainingsklassen und internationaler Sommerschulen in experimentellen, numerischen und theoretischen Bereichen der Plasmaphysik und der Angewandten Mathematik ist es eine exzellente Ergänzung zu dem bereits existierenden Lehrplan der Basisausbildung in Plasmaphysik. Im GK arbeiten mehr als 20 Doktorandinnen und Doktoranden, wobei zwölf vom Kolleg gefördert werden. Weiterhin ist ein Postdoktorand tätig, der die beiden Gebiete des GK zusammenführt. Das GK arbeitet eng mit dem Sonderforschungsbereich TR 18 „Relativistische Laser-Plasma-Dynamik“ und dem in Jülich angesiedelten virtuellen Institut *ITER-relevant Plasma Boundary Physics* zusammen.

Überblick über die wissenschaftlichen Fragestellungen

Laser-Plasma-Wechselwirkung

Bahnbrechende Entwicklungen neuer Lasertechnologien (*chirped pulse amplification*) in den letzten Jahren erlauben, Laserpulse bis zu einer Leistung von mehreren Petawatt (Billiarden Watt) mit Pulsdauern im Subpikosekundenbereich zu erzeugen. Diese ultrakurzen, superintensiven Laserpulse erzeugen Energiedichten, die höher sind als die im Inneren der Sonne, was einzigartige Möglichkeiten zur Untersuchung fundamentaler physikalischer Prozesse eröffnet. Dadurch werden faszinierende Anwendungen in einem völlig neuen Parametergebiet ermöglicht. Die Laser-Wechselwirkung mit Plasmen liefert somit einzigartige Bedingungen für verschiedene Studien, insbesondere der relativistischen Physik. Die Thematik reicht von der Erzeugung und Anwendung von Attosekundenpulsen (trilli-

onster Teil einer Sekunde) bis zur Untersuchung von exotischen Materiezuständen unter relativistischen Bedingungen und der Entwicklung neuartiger Photonen- und Teilchenquellen.

Energiedichten von bis zu $2 \cdot 10^{11} \text{ J/cm}^3$ werden im Fokus erzeugt, wenn beispielsweise ein Petawatt-Laserpuls mit einer Energie von 500 J (Joule) und einer Pulsdauer von 500 fs (Femtosekunden) auf eine Fläche mit $5 \mu\text{m}$ (Mikrometer) im Durchmesser fokussiert wird. Zum Vergleich: Die Energiedichte im Inneren der Sonne beträgt 10^{10} J/cm^3 . Möglich wird dies durch Laserpulse, die nur noch wenige Femtosekunden dauern. Zum Vergleich: In 100 fs legt ein Lichtstrahl eine Strecke zurück, die der Dicke eines Haares entspricht. Weltweit erreichen heutzutage mehrere Lasersysteme routinemäßig Intensitäten von $5 \cdot 10^{20} \text{ W/cm}^2$. Der Druck, den das Licht dabei auf die Materie ausübt, liegt fokussiert bei $1,5 \cdot 10^{11} \text{ bar}$. Der Lichtdruck des Sonnenlichts auf der Erde ist mit $5 \cdot 10^{-11} \text{ bar}$ mehr als 20 Größenordnungen geringer als der Laserdruck. Das elektrische Feld übersteigt mit $2 \cdot 10^{11} \text{ V/cm}$ selbst die atomare Feldstärke im Wasserstoffatom von „nur“ $5,1 \cdot 10^9 \text{ V/cm}$ um zwei Größenordnungen. Numerische Simulationen sagen voraus, dass unter diesen Bedingungen extreme Magnetfelder entstehen, die eine Milliarde Mal größer sind als das Magnetfeld der Erde. Sobald der Laserpuls auf das Target auftrifft, wird die Materie sofort ionisiert und ein Plasma erzeugt. Die unter diesen Bedingungen ablaufenden physikalischen Prozesse sind stark relativistisch. Die Elektronen bewegen sich im Lichtfeld fast mit Lichtgeschwindigkeit, wodurch die Teilchen schwerer werden. Diese Disposition verändert die Eigenschaften der Teilchen, und so kann man relativistische Effekte im Labor beobachten. Die Laser-Wechselwirkung mit Plasmen liefert daher ideale Bedingungen für Studien der nichtlinearen Dynamik im relativistischen Bereich, der so genannten *relativistischen Laser-Plasmaphysik*. Dieser neue Bereich erlaubt exotische Materiezustände zu untersuchen, die Entwicklung einer so genannten *bubble accelerator*-Beschleunigertechnologie voranzutreiben und die Energieerzeugung durch lasergetriebene Fusion zu entwickeln.

Aber auch ohne gleich allerhöchste Intensitäten zur Verfügung zu haben, brachten Experimente mit ultrakurzen Laserpulsen eine Vielzahl unerwarteter Effekte zu Tage, die mittel- bis langfristig auch direkten wirtschaftlichen und medizinischen Nutzen versprechen. So wurde kürzlich demonstriert, dass mit ultrakurzen Laserpulsen Attosekunden-Röntgenpulse erzeugt werden können.¹ Durch sie wird erstmals ein neues physikalisches Regime zugänglich, wie zum Beispiel die Beobachtung ultraschneller elektronischer Vorgänge in Atomen. Weiterhin können mit einem ultrakurzen Laserpuls Plasmen mit Bedingungen erzeugt werden, die von großem Interesse für astrophysikalische Untersuchungen sind.²

Fusionsplasmen zur Energieerzeugung

Das zweite Gebiet des GK ist die Fusionsforschung, die am Forschungszentrum Jülich ausgeführt wird. Ziel der Fusionsforschung ist die Gewinnung von Energie, die bei der Verschmelzung von Wasserstoffkernen zu Helium frei wird. Zum Zünden muss ein Wasserstoffplasma auf hohe Temperaturen aufgeheizt werden, um die abstoßende Coulomb-Barriere der positiv geladenen Teilchen zu überwinden. Von allen möglichen Reaktionen liefert die Verschmelzung der Wasserstoffisotope Deuterium und Tritium den größten

¹ Vgl. Hentschel *et al.* (2001: 509).

² Vgl. Osterholz *et al.* (2006).

Energiegewinn bei der niedrigsten Plasmatemperatur. Je ein Deuterium- und ein Tritiumkern verschmelzen dabei zu einem Heliumkern. Deuterium ist in nahezu unerschöpflichen Mengen im Meerwasser vorhanden. Das Tritium muss aus dem ebenfalls reichlich verfügbaren Element Lithium gebrütet werden. Ähnliche Bedingungen existieren auch in der Sonne, wo Kernverschmelzung für den Energiegewinn verantwortlich ist. Da die Sonnenmasse sehr groß ist, werden die Bedingungen zur Kernverschmelzung durch die Gravitationskraft herbeigeführt. Auf der Erde wird die kontrollierte Kernfusion in zwei verschiedenen Weisen vorangetrieben: durch den Trägheitseinschluss und durch den magnetischen Einschluss des Plasmas. Fusion durch den Trägheitseinschluss wird hauptsächlich in den USA und Frankreich mit dem Bau von MJ-Lasersystemen verfolgt. Der magnetische Einschluss wird weltweit mit dem Bau des großen ITER vorangetrieben. Dort werden Plasmen unter ähnlichen Bedingungen wie in Kraftwerken der Zukunft untersucht werden.

Nach etwa zwei Jahrzehnten der Forschung in modernen Tokamaks verschiedener Größe und Gestalt konnte eine Datenbank zusammengestellt werden, die ein betriebssicheres Design für ITER ermöglicht und die Wissenschaftler von dem Hauptziel überzeugt: Ein brennendes Fusionsplasma soll erzeugt werden, um das Prinzip eines Fusionsreaktors zu bestätigen. Trotzdem sind noch viele Fragen offen, da ein Fusionskraftwerk – das das ultimative Ziel der Fusionsforschung ist – zusätzliche Anforderungen erfüllen muss, die in aktuellen Anlagen wie beispielsweise JET (weniger als eine Minute Entladungsdauer) oder sogar in Forschungsreaktoren wie ITER, der acht Minuten Brennzzeit haben soll, keine Rolle spielen. Ein Kraftwerk muss über Monate hinweg kontinuierlich funktionieren. Folglich ist eine hohe Nutzbarkeit entscheidend für einen ökonomisch realisierbaren Fusionsreaktor, und neben anderen Problemen müssen die Fragen nach der Lebensdauer von Wandkomponenten, der Plasmastabilität und der Dauer von Hochenergieeinschlüssen beantwortet werden.

Als Konsequenz muss das Programm der Fusionsforschung des nächsten Jahrzehnts in zwei Richtungen gehen: (a) Der Bau von ITER soll zur ersten Demonstration einer signifikanten Leistungsgewinnung und Alphateilchenheizung führen und (b) ein begleitendes Forschungsprogramm muss der Entwicklung von Plasmabedingungen einschließlich Diagnostik- und Heizmethoden für ITER und anderen fortgeschrittenen Projekten für die Forschung, auch über ITER hinaus, nachgehen.

Die parallele Entwicklung von alternativen Konzepten könnte auch zu anderen Plasmaszenarien führen und damit möglicherweise zu Anlagen, die sich vom aktuellen ITER-Design unterscheiden. Mit diesen Entwicklungen hofft man, dass dieselbe Fusionsenergie mit Anlagen erreicht werden kann, die viel kleiner als ITER sind, und dass weitere Verbesserungen für den Dauerbetrieb und die Nutzbarkeit gemacht werden können.

Ein alternatives Projekt ist der neue Stellarator Wendelstein 7-X, der zurzeit in Greifswald konstruiert wird. Das Hauptziel ist zu demonstrieren, dass der Plasmaeinschluss in Stellaratoren vergleichbar mit dem in Tokamaks ist. Im Gegensatz zum Tokamak bieten Stellaratoren die intrinsische Fähigkeit, einen Dauerbetriebszustand ohne externe Stromversorgung möglich zu machen.

Die Dynamik heißer Plasmen ist ein entscheidendes Thema im Zusammenhang mit diesen Entwicklungen, besonders im Hinblick auf ein besseres grundlegendes Verständnis der zugrunde liegenden Prozesse, was eine bessere theoretische Behandlung und neue Diagnostiken erfordert.

Die Forschung im GK konzentriert sich besonders auf eine breit gefächerte Ausbildung auf dem Gebiet der Hochtemperatur-Plasmaphysik. Es werden Themen angesprochen, die zu einem tieferen Verständnis der fundamentalen Transporteigenschaften in magnetischen Plasmen führt. Besonderer Wert wird auf den Transport in komplexen magnetischen Topologien gelegt, die entweder in magnetischen Inseln und ergodischen Zonen in Stellaratoren vorkommen oder mit Störfeldern vom neuen *dynamic ergodic divertor* im Tokamak TEXTOR in Jülich erzeugt werden können.

Literatur

- HENTSCHEL, M., R. KIENBERGER, Ch. SPIELMANN, G. A. REIDER, N. MILOSEVIC, T. BRABEC, P. CORKUM, U. HEINZMANN, M. DRESCHER und F. KRAUSZ. „Attosecond metrology“, *Nature* 414 (2001), 509-513.
- OSTERHOLZ, J., F. BRANDL, T. FISCHER, D. HEMMERS, M. CERCHEZ, G. PRETZLER, O. WILLI und S. ROSE. „Production of dense plasmas with sub 10 fs laser pulses“, *Physical Review Letters* 96 (2006), 085002.

