



---

**Forschungszentrum Karlsruhe**  
in der Helmholtz-Gemeinschaft

---

**Wissenschaftliche Berichte**  
FZKA 7395

**Jahresbericht 2007**  
**Institut für**  
**Hochleistungsimpuls- und**  
**Mikrowellentechnik**

**M. Thumm**

**Institut für Hochleistungsimpuls- und**  
**Mikrowellentechnik**

**April 2008**



# **Forschungszentrum Karlsruhe**

in der Helmholtz-Gemeinschaft

Wissenschaftliche Berichte

FZKA 7395

## **Jahresbericht 2007 des Instituts für Hochleistungsimpuls- und Mikrowellentechnik**

Redaktion: M. Thumm  
Institut für Hochleistungsimpuls-  
und Mikrowellentechnik

**Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe  
2008**

Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor

Forschungszentrum Karlsruhe GmbH  
Postfach 3640, 76021 Karlsruhe

Mitglied der Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft  
Deutscher Forschungszentren (HGF)

ISSN 0947-8620

ISSN 1860-8310

urn:nbn:de:0005-073953

# Institut für Hochleistungsimpuls- und Mikrowellentechnik (IHM)

Leitung: Prof. Dr. Dr. h.c. M. Thumm

Hauptarbeitsgebiete des Institut für Hochleistungsimpuls- und Mikrowellentechnik (IHM) sind die Forschung, Entwicklung, Ausbildung und, in Zusammenarbeit mit der Stabsabteilung Marketing, Patente und Lizenzen (MAP) und industriellen Partnern, der Technologietransfer auf den Gebieten der Impuls- und Mikrowellentechnik bei hohen Leistungen. In diesem Zusammenhang werden folgende Aufgabengebiete bearbeitet: Theoretische und experimentelle Grundlagen der Hochleistungsimpuls- und Mikrowellentechnik; Theorie und Praxis der Erzeugung intensiver Elektronenstrahlen, starker elektromagnetischer Felder und Wellen und ihrer Wechselwirkung mit Materialien und Plasmen; Anwendung dieser Verfahren bei der Energiegewinnung durch kontrollierte thermonukleare Fusion in magnetisch eingeschlossenen Plasmen, der Material-Prozesstechnik und der Umwelttechnik. Die Arbeiten in beiden Abteilungen erfordern die Anwendung moderner Hochspannungstechnik und Hochspannungsmesstechnik. In Kurzform stellt sich das laufende Institutsprogramm wie folgt dar:

## Abteilung für Hochleistungsimpulstechnik:

- Aufschluss von biologischen Zellen mit gepulsten elektrischen Feldern bei Feldstärken im Bereich  $10^6$ - $10^7$  V/m (Elektroporation), z.B. bei der Gewinnung von Zucker aus Zuckerrüben (KEA-Verfahren). Hier konnte der erhebliche wirtschaftliche Vorteil dieses Verfahrens gegenüber konventionellen thermischen Aufschlussverfahren in der Nahrungsmittelindustrie bestätigt werden. Gepulste elektrische Felder sollen auch zur umweltschonenden Keimreduktion in Abwässern aus Kläranlagen und zur Unterstützung der mechanischen Entwässerung und Trocknung von Energiepflanzen für die weitere energetische Verwertung eingesetzt werden (Programm UMWELT, MAP und eine KIT-Shared Research Group).
- Oberflächenvergütung und Korrosionsschutz von Metallen und Legierungen mit großflächigen gepulsten, hochenergetischen Elektronenstrahlen (GESA-Technik). Durch Einlegieren von Aluminium in Stahl und Umschmelzen von FeCrAlY-Oberflächen mit Hilfe der GESA-Technik konnte ein wirksamer Langzeitschutz gegen Korrosionsangriff in Pb/Bi-gekühlten Reaktorsystemen bei Temperaturen bis zu 650 °C erreicht werden. Die GESA IV-Anlage erlaubt die Außenbehandlung von Rohren (Programm NUKLEAR). Im Rahmen des EU-Projekts ASTERIXE (Advanced Surface Technology for Extended Resistance In eXtreme Environment) wird diese Methode zur Oberflächenvergütung von Materialien für den Einsatz unter extremen Bedingungen fortentwickelt (Programm UMWELT).
- Elektrodynamische Fragmentierung (FRANKA-Verfahren) zur Wiederverwertung von Feststoffen wie Altbeton und anderen Baustoffen sowie zum Recycling von Werkstoffverbänden, zur Aufbereitung von Mineralien und zum Abtragen und Bohren von Gestein (Programm UMWELT).

## Abteilung für Hochleistungsmikrowellentechnik:

- Planung, Aufbau und Test des gesamten 10 MW, 140 GHz Elektronen-Zyklotron-Resonanz-Heizsystems (ECRH) für den Dauerbetrieb (CW) am neuen Stellarator W7-X des IPP Greifswald. Insbesondere wurde hierbei in Zusammenarbeit mit dem CRPP Lausanne und der Fa. Thales Electron Devices (TED) in Paris eine 1 MW, 140 GHz, CW Gyrotronröhre und mit dem IPF der Universität Stuttgart das quasi-optische Übertragungssystem entwickelt. Die erste Serienröhre liefert Weltrekord-Langpulsparameter mit 0.92 MW Leistung bei 30 min. Pulslängen, einem Wirkungsgrad von fast 45% und einer Modenreinheit von 97.5% (Programm FUSION).

- Entwicklung und Test von 2 MW, 170 GHz Gyrotronröhren mit koaxialen Resonator und stufenweise frequenzdurchstimmbaren 1 MW Gyrotronröhren (105-140 GHz), einschließlich der randgekühlten Mikrowellen-Vakuumfenster aus synthetischem Diamant, für ECRH-Anlagen an Tokamak-Großexperimenten (ITER, ASDEX Upgrade). In Zusammenarbeit mit CRPP und TED wurde eine erste Prototypröhre des europäischen 2 MW, 170 GHz ITER-Gyrotrons mit koaxialen Resonator gefertigt und ausgeliefert. Experimentelle Untersuchungen wurden im Dezember 2007 begonnen (Programm FUSION).
- Experimentelle und theoretische Untersuchungen zum Verhalten der ersten Wand und des Divertors von Tokamak-Fusionsreaktoren bei Plasmainstabilitäten (Programm FUSION).
- Sintern von fortschrittlichen Funktions- und Strukturkeramiken, insbesondere von nanostrukturierten Keramiken und Metallpulvern und Prozesstechnik in der Nanomineralogie mittels Hochleistungsmillimeterwellen bei einer Frequenz von 30 GHz. In grundlegenden Experimenten konnte erstmals direkt ein nicht-thermischer Mikrowelleneffekt nachgewiesen werden (Programm NANOMIKRO).
- Systemstudien zu Mikrowellen-Applikatoren für verschiedenste Anwendungen bei den ISM (Industrial, Scientific, Medical)-Frequenzen 0,915 GHz, 2,45 GHz und 5,8 GHz, wie z.B. zur Herstellung von Flugzeugbauteilen aus Kohlefaserverbundwerkstoffen mittels Mikrowellenprozesstechnik bei 2,45 GHz. Die neue HEPHAISTOS-CA3-Anlage mit einem Volumen von 7000 l und einer Mikrowellenleistung von 25 kW wurde in Betrieb genommen. Damit werden in Zukunft Prozessentwicklungen mit der Industrie für verschiedenste Anwendungen und Verfahren auf Dienstleistungsbasis erschlossen werden können (Programm UMWELT und MAP).

Zur Bearbeitung dieser theoretischen und experimentellen Themen stehen ein Workstation-Verbund und zahlreiche Experimentieranlagen zur Verfügung: vier FRANKA-Anlagen, KEA, KEA-ZAR, drei GESA-Anlagen, zwei Gyrotron-Teststände mit einer gemeinsamen Mikrowellen-Messkabine, eine Kompakt-Technologie-Gyrotron-Anlage (30 GHz, 15 kW) verschiedene 2,45 GHz-Applikatoren der HEPHAISTOS-Serie und eine 0,915 GHz, 60 kW Magnetron-Anlage.

Mit der Universität Karlsruhe und zahlreichen Universitäten und Forschungsinstituten des In- und Auslandes gibt es intensive, fruchtbare Kooperationen. Dabei besteht besonders mit der Universität Karlsruhe vor allem auch im Bereich der Ausbildung von Diplomanden und Doktoranden eine sehr enge Zusammenarbeit. Dies zeigt sich in formaler Weise schon dadurch, dass

- der Institutsleiter des IHM auch Professor am Institut für Höchstfrequenztechnik und Elektronik (IHE) in der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik der Universität Karlsruhe ist und auch eine Vorlesung im International Department der Fakultät hält.

Zum Jahresende waren am Institut 38 Mitarbeiter/innen beschäftigt, darunter 20 Akademiker/innen, 4 Ingenieure und 16 Sonstige Mitarbeiter/innen, davon 1 Halbtagskraft.

Wie oben erwähnt, ist ein Akademiker der Universität Karlsruhe Mitarbeiter des Instituts. Zusätzlich wurden 11 Akademiker, 2 Ingenieure und 11 Sonstige Mitarbeiter/innen aus Fremdmitteln finanziert.

Im Verlaufe des Jahres 2007 waren an den Arbeiten des Instituts insgesamt 9 Gastwissenschaftler, 11 Doktoranden/innen (6 vom Forschungszentrum, 5 von der Universität Karlsruhe), 2 Diplomanden/innen, 1 BA-Student, 6 Praktikanten/innen und 6 Auszubildende beteiligt.