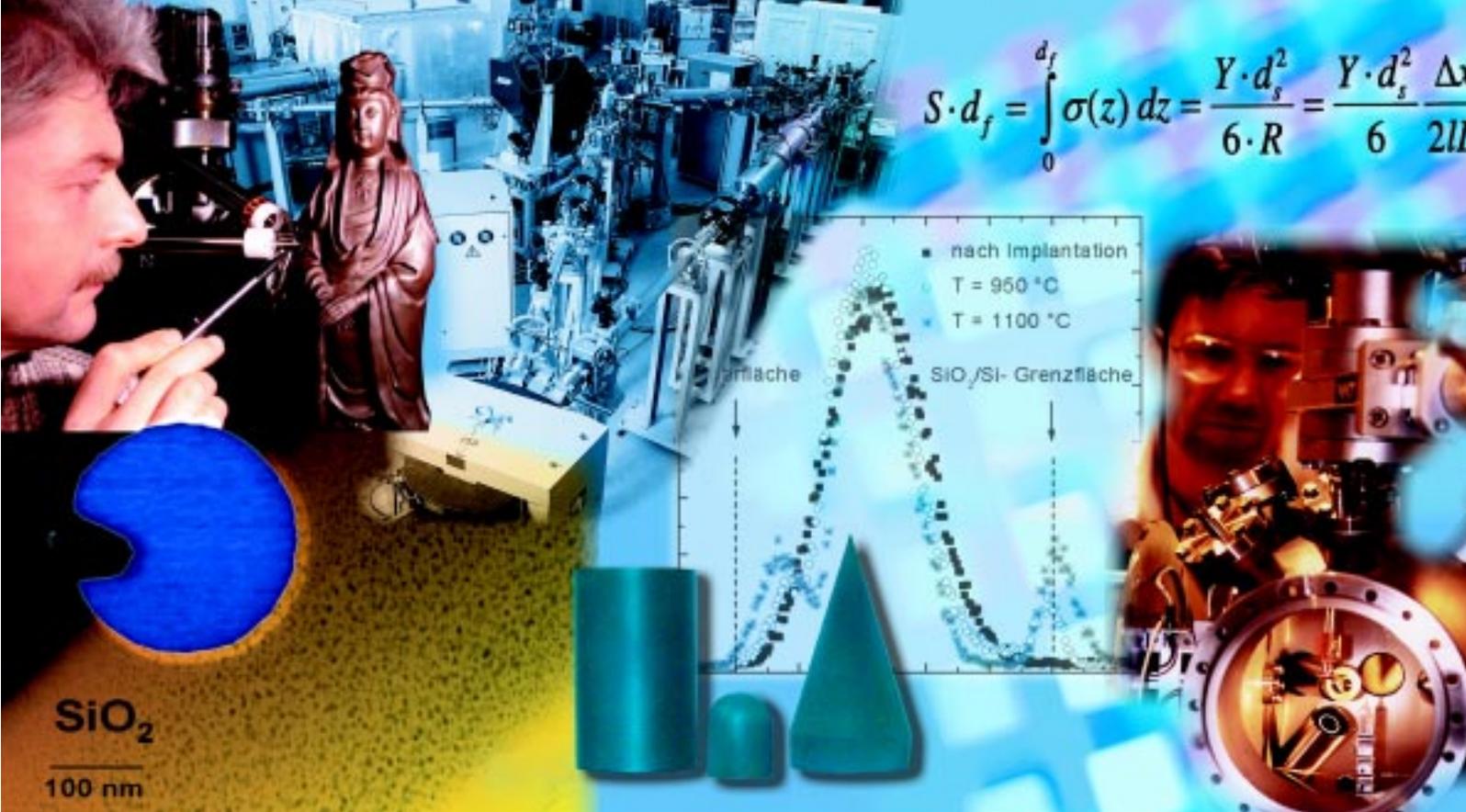


# ÜBERBLICK







## Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung IIM

### Zielstellung – ein Überblick

Ionenstrahl-Anwendungen und Halbleiterforschung – an diesen beiden Schwerpunkten orientieren sich die Arbeiten des Institutes für Ionenstrahlphysik und Materialforschung. Mit der in Europa unikaligen Kombination seiner Anlagen zur Beschleunigung ionisierter Teilchen, dem Rossendorfer Ionenstrahlzentrum, und der Anwendung dieser Ionenstrahlen im Bereich der Materialforschung und der Lebenswissenschaften hat sich das Ionenstrahlzentrum des Instituts zu einer weltweit führenden Einrichtung in diesem Fachgebiet entwickelt. Es betreibt weiterhin anerkannte Forschungsarbeiten zur Ionenstrahlmodifizierung von Festkörperoberflächen, insbesondere Halbleitermaterialien, zur Oberflächenanalyse mittels schneller Ionen, zur ionengestützten Abscheidung dünner Schichten und zur Entwicklung neuer Ionenstrahlverfahren. Die Arbeiten sind auf neue und zukunftsweisende Anwendungen in modernen Technologien ausgerichtet. In diesem Spektrum finden sich neuartige

elektronische und optoelektronische Bauelemente, bioaktive Oberflächen und neue Oberflächenbeschichtungen mit elektronischen und optischen Funktionen sowie zur Verringerung des Verschleißes und Erhöhung der Korrosionsbeständigkeit. Entsprechend spannt das Institut einen weiten Bogen von der theoretischen und experimentellen Grundlagenforschung bis zur Anwendung innerhalb von Kooperationen mit der Industrie.

Basierend auf dieser Kompetenz und aufgrund seiner breiten apparativen Ausstattung wird das Ionenstrahlzentrum vom Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie sowie von der Europäischen Kommission als große Nutzereinrichtung (Large-Scale Facility, LSF) gefördert. Darüber hinaus absolvieren Doktoranden aus anderen europäischen Staaten im Rahmen des Marie-Curie-Programmes der europäischen Kommission einen Teil ihrer Arbeit am Institut.



Im Bereich der Halbleiterforschung ist nicht nur ein beträchtlicher Teil der Ionenstrahl-Anwendungen angesiedelt, sondern auch die Kurzzeitspektroskopie an neuen Halbleitermaterialien und Quantenstrukturen zur Erforschung deren Ladungsträger- und Gitterdynamik. Hierzu werden moderne Lasersysteme und, in naher Zukunft, der Freie-Elektronen-Laser am Elektronenbeschleuniger ELBE des FZR eingesetzt.

Das Institut verfügt über ein breites Spektrum von Anlagen zur begleitenden Probenpräparation und Probenanalyse, die auch von den übrigen Instituten des FZR und von Kooperationspartnern genutzt werden. Die Präparationstechnik ist für eine große Anzahl unterschiedlicher Materialien ausgelegt und schließt Standardverfahren der Silizium-Planartechnologie ein, die in einem Reinraum untergebracht sind. Die lokalen Möglichkeiten der Analytik finden eine wesentliche Ergänzung in der Beamline ROBL des FZR an der ESRF in Grenoble, die gemeinsam mit dem Institut für Radiochemie betrieben wird und die ebenfalls von der europäischen Kommission als Nutzereinrichtung (LSF) gefördert wird. Der dortige Materialforschungs-Messplatz dient nicht nur der hochpräzisen Röntgen-Analyse von vielen Proben, sondern auch eigenständigen Dünnschicht-Experimenten, die einzigartige Möglichkeiten der Echtzeit-in-situ-Diagnostik nutzen.

### **Wichtigste Ergebnisse**

Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten des Instituts orientieren sich an sechs zentralen Themen aus den Bereichen Ionenstrahlanwendungen und Halbleiterforschung: (1) Dünne Schichten, (2) Nanostrukturen, (3) Materialien für die Optoelektronik, (4) Dotierung und Defekte in Halbleitern, (5) Biokompatible Materialien, (6) Ionen-Festkörper-Wechselwirkung. Aus der großen Zahl neuer und wichtiger Ergebnisse innerhalb der einzelnen Forschungsvorhaben, die weiter unten detaillierter dargestellt werden, sind einige internationale Spitzenleistungen hervorzuheben.

Durch In-situ-Messungen am Synchrotron-Messplatz ROBL in Grenoble wur-

den Änderungen der Textur von TiN in Abhängigkeit von der Schichtdicke bei der Magnetronabscheidung gefunden. Spannungsrelaxation in wachsenden cBN-Schichten wurde durch simultane Hochenergieimplantation erreicht. Im Bereich der biokompatiblen Materialien wurde gezeigt, dass das Aufbringen einer spezifischen extrazellulären Matrix auf eine Oberfläche das Anwachsen von Knochenzellen stärker fördert als es Peptide oder einzelne Proteine tun. Eine zu schnelle Abscheidung von Hydroxylapatit aus simulierter Körperflüssigkeit auf Na-implantierten Titanproben führt zu weniger bioverträglichen Schichten, die sogar einen apoptotischen Zelltod von Knochenmarkszellen induzieren können. Mit einer weltweit erstmalig realisierten Apparatur zur Simultanimplantation mit zwei synchronisierten Ionenstrahlen wurden Experimente zur Ionenstrahlsynthese von SiC durchgeführt. Bei der ionengestützten Erzeugung p-dotierter leitfähiger SiC-Schichten wurden große Fortschritte erzielt. Vom Kooperationspartner ISE (Integrated Systems Engineering AG, Zürich/Schweiz) erhielten Mitarbeiter der Theorieabteilung den Auftrag, das im Institut entwickelte Programm CrystalTRIM zur atomistischen Simulation der Ionenimplantation jetzt auch in den von der Firma ISE übernommenen Prozess-Simulator FLOOPS einzubauen. CrystalTRIM wurde schon früher erfolgreich in die Simulatoren TESIM und DIOS integriert. Bei der Charakterisierung von nichtflüchtigen-SRAM-Speicherzellen mit clusterhaltigen Gateoxiden wurde der Nachweis einer gegenüber EEPROM-Speicherzellen deutlich höheren Endurance ( $> 10^8$  write/erase-cycles) bei sehr guter Retention (30 Jahre) für das System Si-Nanocluster in SiO<sub>2</sub> erbracht.

Intensive Kontakte zu deutschen und ausländischen Partnern tragen wesentlich zu der hohen Zahl wissenschaftlicher Publikationen des Instituts bei. Ebenso resultierten daraus zahlreiche Einladungen zu Laborbesuchen und Vorträgen auf den wichtigsten internationalen Konferenzen der einzelnen Fachgebiete.

Nach wie vor bearbeitet das Institut viele Drittmittelprojekte, wovon insbesondere zwei große EU-Projekte (im GROWTH Programm) erwähnenswert sind: Eines bein-

haltet die Herstellung von selbstorganisierten Nanostrukturen und deren Anwendung für neuartige elektronische Speicherelemente, das andere beschäftigt sich mit einem neuen Verfahren der Blitzlampenausheilung von SiC-Schichten. Durch die Genehmigung des DFG-Projekts „Infrarotspektroskopie an Quantenkaskadenstrukturen“ ist das Institut seit Ende 2001 auch Mitglied in der Berliner DFG-Forschergruppe „Lichtemitter auf der Basis von Interband-Übergängen“.

Das Institut hat in den Jahren 2001 und 2002 einige Workshops und Sommer Schulen organisiert und mitorganisiert. Die wichtigsten darunter waren die 12. Internationale Sommerschule über „Vacuum, Electron, and Ion Technologies“ in Varna, Bulgarien (2001), der 9. Internationale Workshop über „Slow Positron Beam Techniques for Solids and Surfaces“ (SLOPOS-9) im FZR (2001), die „6<sup>th</sup> International Conference on Computer Simulation of Radiation Effects in Solids“ (COSIRES) in Dresden (2002) und der Internationale Workshop über „Nanostructures for Electronics and Optics (NEOP)“ in Dresden (2002).

Der Leiter der Abteilung Halbleiterspektroskopie, Dr. Thomas Dekorsy, wurde mit dem Gustav-Hertz-Preis der DPG ausgezeichnet, dem höchsten Preis der DPG für „jüngere Forscher“ (allerdings für Arbeiten, die er noch vor seiner Anstellung am FZR durchgeführt hat). Im Berichtszeitraum wurden sieben Doktorarbeiten und eine Diplomarbeit abgeschlossen.

### **Institutsübergreifende Zusammenarbeit**

Das Rossendorfer Strahlrohr ROBL an der European Synchrotron Radiation Facility in Grenoble, Frankreich, wird vom Institut gemeinsam mit dem Institut für Radiochemie des FZR betrieben.

Die Labors für Experimente mit den Freielektronen-Lasern an ELBE wurden in enger Zusammenarbeit mit dem Institut für Kern- und Hadronenphysik aufgebaut. Daraus ist das Vernetzungsprojekt „Infrarot-Spektroskopie von Festkörpern und weicher Materie“ unter Leitung ei-



nes Mitarbeiters des Instituts hervorgegangen, an dem vier Institute des FZR beteiligt sind. Erste gemeinsame Experimente wurden am FEL FELIX (Nieuwegein, Niederlande) zur nichtlinearen Suszeptibilität zweiter Ordnung in III-V Halbleitern durchgeführt.

Ebenfalls gemeinsam mit dem Institut für Kern- und Hadronenphysik wurde der 3. Internationale Workshop zum Thema „Infrared and THz radiation: generation and applications“ organisiert. Ein wesentliches Ziel dabei war, eine potenzielle Nutzer-Community der Freie-Elektronen-Laser an ELBE zu etablieren.

Thematische Verbindungen existieren zum Institut für Sicherheitsforschung zum Versprödungsverhalten neutronenbestrahlter Modell-Legierungen durch Positronen-Annihilations-Spektroskopie sowie zum mechanischen Verschleiß von Oberflächen und zur Verbesserung des Kavitationsverhaltens von Edelstahl durch Ionenbehandlung. Berührungspunkte zum Institut für Bioorganische und Radiopharmazeutische Chemie existieren in Bezug auf die Forschung an biokompatiblen Materialien.

Die Nachbarinstitute im FZR nutzen die im Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung vorhandenen präparativen und diagnostischen Einrichtungen, darunter insbesondere die metallographische Präparation, die Hochenergie-Ionenstrahlanalytik, die Transmissions- und Rasterelektronenmikroskopie und die Diagnostik mit Röntgenstrahlen.

### **Zusammenarbeit mit externen Partnern**

Die Kooperationen mit externen Partnern sind so zahlreich, dass sie hier nicht vollständig aufgelistet werden können. Es werden repräsentativ nur einige der wichtigsten hervorgehoben.

Zusammenarbeit mit einer großen Zahl von internationalen Partnern gibt es im Rahmen der beiden oben erwähnten EU Projekte und mit nationalen Partnern an Berliner Forschungsinstituten im Rahmen der ebenfalls erwähnten DFG Forschergruppe. Industrielle Kooperationspartner,

insbesondere der Mikroelektronikindustrie, spielen eine wichtige Rolle. Darunter sind Projekte mit den in Dresden angesiedelten Firmen Infineon, AMD und ZMD, aber auch mit kleineren Firmen wie der Rossendorfer GESIM. Die erfolgreiche Zusammenarbeit mit der Firma ISE AG Zürich auf dem Gebiet der Prozess-Simulation in der Siliziumtechnologie (TCAD) wurde im vergangenen Jahr fortgesetzt. Industriekooperationen gab es aber auch nach Übersee, mit Varian SEA, Gloucester, MA und Applied Materials, Santa Clara, CA, beide in den USA.

Weitere wichtige Kooperationen bestehen mit Aarhus (Dänemark) bei In-situ-Röntgen-Untersuchungen an ROBL. Kooperationen mit Humboldt-Stipendiaten bestehen auf den Gebieten der optischen und der Positronen-Annihilations-Spektroskopie. Enge Kontakte bestehen auch zur Bulgarischen Akademie der Wissenschaften, zu Gruppen in Frankreich (CEMES/CNRS Toulouse, CSNSN/CNRS Orsay), Großbritannien (Universitäten Bath und Newcastle), Schweden (University of Linköping, Royal Institute of Technology, Stockholm), Italien (INFN-MDM Agrate, Milano), Griechenland (NCSR Demokritos), Spanien (Universität Barcelona), Brasilien (Universität Rio Grande do Sul in Porto Alegre), Ungarn (KFKI Budapest), Russland (Akademie der Wissenschaften), Ukraine (Kiew) und anderen.

In Deutschland gibt es vielfältige Kontakte zu Gruppen an verschiedenen Universitäten inkl. der TU Dresden und zu anderen WGL-Instituten (IFW Dresden, IOM Leipzig, MBI Berlin, PDI Berlin).

Die Jahresberichte 2001 und 2002 des Instituts geben eine wesentlich detailliertere Darstellung der Forschungsergebnisse, Kooperationen und Projekte.

### **Forschungsvorhaben**

- Dünne Schichten
- Nanostrukturen
- Materialien für die Optoelektronik
- Dotierung und Defekte in Halbleitern
- Biokompatible Materialien
- Ionen-Festkörper-Wechselwirkung



## Statistischer Überblick 2001 / 2002

Mitarbeiter [Planstellen]											
Gesamt		74/73			Wissenschaftler			32/31			
Annexpersonal [Anzahl   Personenjahre]											
Postdoc	7/4	3,21/3,75	Doktoranden	6/7	3,65/2,54	Gastwissenschaftler	36/38	5,84/6,47	Hilfskräfte	39/34	5,46/7,35
Drittmittelfinanziertes Personal [Anzahl   Personenjahre]											
Wissenschaftler	20/19	15,73/14,79	Technisches Personal	6/5	2,58/3,75	Gastwissenschaftler	24/24	4,68/5,52	Doktoranden	3/3	1,46/1,48
Stipendiaten	4/7	1,56/0,85									
Geräteinvestitionen [TEUR]											
grundfinanziert		1.522/1.364			drittmittelfinanziert			358/354			
Wissenschaftliche Veröffentlichungen [Anzahl]											
Monografien / Beitr. zu Sammelwerken		-			Vorträge/Konferenzbeiträge/Poster			147/146			
Artikel (referiert)		120/110			Diplomarbeiten			1/1			
Artikel (nicht referiert)		17/7			Doktorarbeiten			3/4			
Artikel im Eigenverlag		9/4			Patentanmeldungen			4/4			
Wissenschaftliche Veranstaltungen [Anzahl]											
Meetings/Workshops		4/3									

### Direktoren:

Prof. Dr. Wolfhard Möller  
(geschäftsführend 2001)  
Prof. Dr. Manfred Helm  
(geschäftsführend 2002)

Tel.: +49 351 260-22 45  
E-Mail: w.moeller@fz-rossendorf.de  
Tel.: +49 351 260-22 60  
E-Mail: m.helm@fz-rossendorf.de

### Abteilungsleiter:

Dr. Johannes von Borany

Industriekooperation (bis 10/01)  
Strukturdiagnostik (ab 11/01)

Dr. Thomas Dekorsy

Halbleiterspektroskopie

Dr. Manfred Friedrich

Beschleunigertechnik

Dr. Rainer Grötzschel

Ionenstrahlanalytik

Dr. Wolfgang Matz

Strukturuntersuchungen (bis 10/01)

Dr. Matthias Posselt

Theorie

Dr. Edgar Richter

Ionen- und Schichttechnik

Dr. Bernd Schmidt

Prozesstechnologie

Dr. Wolfgang Skorupa

Halbleitermaterialien



## Institut für Bioorganische und Radiopharmazeutische Chemie IBR

### Zielstellung – ein Überblick

Die Aufgaben des Instituts liegen auf dem Gebiet der Lebenswissenschaften. Grundlagen- und anwendungsorientierte Forschung sind auf die Nutzung von Strahlung in Form radioaktiver Arzneimittel gerichtet, mit denen sich biochemische Zusammenhänge und regionale Stoffwechselprozesse durch bildgebende Verfahren darstellen und damit für die nuklearmedizinische Diagnostik nutzen lassen. Zunehmend wenden sich die Untersuchungen auch Fragen der Radionuklidtherapie zu. In Übereinstimmung mit den Empfehlungen des Wissenschaftsrats haben sich im Institut zwei Schwerpunkte herausgebildet.

Eine Richtung befasst sich mit Untersuchungen zu Radiopharmaka für die Positronen-Emissions-Tomographie (PET). In dem gemeinsam mit der Medizinischen Fakultät der TU Dresden betriebenen PET-Zentrum werden Forschungsarbeiten zur Entwicklung neuer Fluor-18- und Kohlenstoff-11-markierter Verbindungen, zur Charakterisierung ihres biologischen Ver-

haltens bis zur Anwendung am Patienten durchgeführt. Gegenwärtig entwickelt sich mit der erstmaligen Erforschung der Verteilung in vivo bioaktiver Substanzen unter Nutzung der Positronenstrahlung eine neue Richtung, die für weitere Bereiche der Lebenswissenschaften Bedeutung gewinnen wird.

Darüber hinaus beteiligt sich das Institut an Grundlagenuntersuchungen zur Klärung des Potenzials der Strahlungsquelle ELBE für neue Therapieansätze bei onkologischen Fragestellungen.

In engem Zusammenhang damit steht die an bioorganischen Konzepten angelehnte Arbeitsrichtung der Metallopharmaka.

Angesichts des Bedarfs an Radiotherapeutika und der damit einhergehenden Forderung, die betreffende Vorlauftforschung zu verstärken, verlagern sich die bislang auf Technetium-99m konzentrierten Arbeiten auf therapeutisch relevante Metallnuklide.



## Wichtigste Ergebnisse

Im Berichtszeitraum wurden inhaltliche und personelle Veränderungen vorgenommen.

In Übereinstimmung mit den Empfehlungen des Wissenschaftsrats wurde der Übergang von der Technetium-Diagnostikaforschung zu Radiometalltherapeutika forciert. Bei den PET-Tracern erfolgte eine stärkere Zusammenarbeit mit der Pharmaindustrie.

Wichtige wissenschaftliche Projekte wurden erfolgreich weitergeführt. Die internationale Zusammenarbeit mit Gruppen aus der Schweiz und Portugal über rezeptoraffine Technetium- und Rheniumverbindungen wurde durch einen Posterpreis auf dem 14. Internationalen Symposium über Radiopharmazeutische Chemie (Interlaken, Juni 2001) gewürdigt.

Organisatorisch/personelle Veränderungen ergaben sich zum einen aus der Formierung der Abteilung Radiopharmakologie und der Integration biologischer Aktivitäten in die Abteilung Positronen-Emissions-Tomographie. Aufgrund der Berufung Herrn Prof. Steinbachs zum Direktor des IIF Leipzig wurde die Stelle des Leiters der Abteilung PET-Tracer durch Herrn Dr. Wüst neu besetzt. Herr Prof. van den Hoff wurde als Leiter der Abteilung Positronen-Emissions-Tomographie, verbunden mit der C3-Professur für Positronen-Emissions-Tomographie, zum 1. Februar 2002 berufen.

Weiterhin ist das Institut an der Zuwendung im Rahmen der BMBF-Förderung von Innovations- und Gründerlaboren mit ca. 320 TEUR für den Bereich Radiopharmaka beteiligt.

## Hervorzuhebende Ergebnisse

- Es wurde ein neues Ligandsystem entwickelt, das Technetium und Rhenium mit hoher Stabilität bindet (so genannte „4+1“ Gemischtligandkomplexe).
- Im Rahmen eines Projekts mit der Schering AG wurde eine effiziente Synthese von  $p$ -[ $^{18}\text{F}$ ]Fluor-benzaldehyd entwickelt und automatisiert,

wodurch die Herstellung großer Mengen dieses wichtigen Kopplungsreagenzes mit hoher spezifischer Aktivität möglich geworden ist.

- Als Ergebnis der Arbeiten zu Technetiumfettsäuren wurden erstmalig [ $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ]-markierte Fettsäuren mit einer deutlichen Extraktion im isolierten Herzen erhalten.
- Das Auffinden von Technetiumverbindungen mit subnanomolarer Affinität zu bestimmten Subtypen des Serotoninrezeptors im Gehirn stellt einen Meilenstein in der Entwicklung rezeptoraffiner Koordinationsverbindungen dar.
- Es wurde ein neuer Fluor-18-markierter Ligand (S-[ $^{18}\text{F}$ ](Fluormethyl)-(+)-McN5652) für den Serotonintransporter entwickelt und in Kooperation mit dem PET-Zentrum Turku (Finnland) bezüglich seiner Bindungseigenschaften biologisch charakterisiert.
- In der medizinischen Forschung des PET-Zentrums wurde ein hoher prognostischer Wert der FDG-PET bei der Untersuchung von Lymphompatienten mit residualer Raumforderung nach Chemo- bzw. Radiochemotherapie nachgewiesen. Die Methode liefert bei dieser Patientengruppe wertvolle Informationen im Hinblick auf den zu erwartenden weiteren Krankheitsverlauf.

Eine Reihe von Projekten, u. a. das vom Institut geleitete EU-Projekt über tumoraffine Peptide und nationale Projekte, wurde erfolgreich abgeschlossen.

Der FZR-Doktorandenpreis 2001 wurde an Frau Dr. Antje Gupta vergeben. Ihre Dissertation „In-vivo- und In-vitro-Stabilität und Metabolismus von Gemischtligandkomplexen des  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ “ enthält wichtige Ergebnisse zu rezeptoraffinen Koordinationsverbindungen.

## Institutsübergreifende Zusammenarbeit

Bei den Forschungsvorhaben im Berichtszeitraum sind folgende thematische und methodische Verzahnungen im FZR hervorzuheben:

- Strukturaufklärung von radiopharmazeutisch und bioorganisch relevanten Koordinationsverbindungen mit

Hilfe der Synchrotronstrahlung am Rossendorfer Strahlrohr ROBL (Zusammenarbeit mit dem Institut für Radiochemie)

- Am Institut für Sicherheitsforschung sind Untersuchungen zur Fluiddynamik und zum Stofftransport in Zweiphasenströmungen mittels PET begonnen worden. Für diesen speziellen Einsatz wurden die benötigten oberflächenaktiven Radiotracer bereitgestellt.
- Mit dem Institut für Kern- und Hadronenphysik wurde das Vernetzungsprojekt „Photonen-Aktivierungs-Therapie mit quasi-monochromatischer Röntgenstrahlung“ konzipiert, das die Erzeugung quasi-monochromatischer, durchstimmbarer Röntgenstrahlung an der Strahlungsquelle ELBE und strahlenbiologische Arbeiten mit der Forschung zu metalldotierten Biomolekülen im Institut für Bioorganische und Radiopharmazeutische Chemie kombiniert. Ziel ist die selektive Zerstörung von Tumorzellen durch Auger-Elektronen-Kaskaden, die durch gezielte Aktivierung von Schweratomen in der Tumorzelle erzeugt werden.
- Weiterhin wirkte das Institut an der Vorbereitung der Vernetzungsprojekte „Positronen-Emissions-Tomographie in Medizin und Technik“ sowie „Infrarot-Spektroskopie in der Festkörperphysik und bei der Untersuchung weicher Materie“ mit.

## Zusammenarbeit mit externen Partnern

Innerhalb Deutschlands gibt es Kooperationen auf verschiedenen Gebieten wie Synthese, Strukturanalytik, Molecular Modelling, Medizin, Gentherapie u. a. mit Universitäten (Dresden, Leipzig, München, Bonn, Heidelberg, Marburg), anderen Institutionen (Bundesanstalt für Materialforschung Berlin) und der Industrie (Schering AG, BASF Ludwigshafen, Mallinckrodt Medical, ROTOP, ABX).

Mit ausländischen Partnern bestehen Kooperationen u. a. mit Universitäten (Stockholm/Schweden, Zürich/Schweiz, Ramat-Gan/Israel, Ferrara/Italien, Kitakyushu/Japan) und Instituten (Demokritos Athen/Griechenland, Paul-Scherrer-



Institut Villigen/Schweiz, Institut für Organische Synthese Riga/Lettland, Instituto Tecnológico e Nuclear/Lissabon). Die Zusammenarbeit mit osteuropäischen Ländern wurde erweitert und umfasst jetzt Partner in Bulgarien, Lettland, Polen, Ungarn, Tschechien und Russland. Die Kooperation im europäischen Rahmen findet ihren Ausdruck unter anderem in der Mitarbeit im EU-Programm COST B12 „Radiotracers for in vivo assessment of biological function“. In drei der fünf Arbeitsgruppen sind Wissenschaftler des Instituts vertreten.

Besonders hervorzuheben ist die Zusammenarbeit mit folgenden Partnern:

■ Technische Universität Dresden  
Hier bestehen Kooperationen auf Gebieten der Chemie und Medizin. Die Zusammenarbeit auf chemischem Sektor bezieht sich auf Fragen der organischen Synthese von Tracervorstufen, auf bioorganische und biochemische Fragestellungen. Dazu gehört auch das Vorhaben „Bioaktive Substanzen“. Auf dem Gebiet der Medizin ist das gemeinsam betriebene PET-Zentrum der wesentliche Faktor der Kooperation. Darüber hinaus besteht eine Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Gentherapie und zur Entwicklung von Technetiumfettsäuren im Rahmen eines gemeinsamen DFG-Projektes.

■ Schering AG  
Hier besteht eine langjährige Zusammenarbeit auf dem Technetium- und Rheniumgebiet. Zusätzlich wurde mit der Entwicklung eines [ $^{18}\text{F}$ ] Radiotracers zur Rezeptordarstellung begonnen.

■ Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)  
Die seit Gründung des Instituts bestehende hocheffektive Kooperation auf dem Sektor der Molekülstrukturuntersuchungen ist weiterhin wichtiger Bestandteil der Forschungsarbeit und bisher durch 24 Publikationen ausgewiesen.

### Forschungsvorhaben

- Radiotracerdesign und Radiopharmazie
- Untersuchungen zu Neurorezeptoren und Hirnfunktionen
- Untersuchungen zur Tumordiagnostik und Tumorthерапiekontrolle
- Bioaktive Substanzen
- Untersuchungen zu Herz und Gefäßen



## Statistischer Überblick 2001 / 2002

<b>Mitarbeiter [Planstellen]</b>											
Gesamt		38,5/39,5			Wissenschaftler			15/16			
<b>Annexpersonal [Anzahl   Personenjahre]</b>											
Postdoc	6/2	3,38/2,00	Doktoranden	8/8	2,13/3,46	Gastwissenschaftler	4/2	0,54/0,32	Hilfskräfte	31/34	3,7/5,23
<b>Drittmittelfinanziertes Personal [Anzahl   Personenjahre]</b>											
Wissenschaftler	8/6	3,83/4,42	Technisches Personal	4/4	1,8/2,17	Gastwissenschaftler	3/6	0,3/0,28	Doktoranden	4/2	1,25/0,29
Stipendiaten	1/9	0,17/0,73									
<b>Geräteinvestitionen [TEUR]</b>											
grundfinanziert		399/2.225			drittmittelfinanziert			280/190			
<b>Wissenschaftliche Veröffentlichungen [Anzahl]</b>											
Monografien / Beitr. zu Sammelwerken		6/11			Vorträge/Konferenzbeiträge/Poster			55/44			
Artikel (referiert)		19/24			Diplomarbeiten			2/2			
Artikel (nicht referiert)		17/16			Doktorarbeiten			0/5			
Artikel im Eigenverlag		1/0			Patentanmeldungen			1/0			
<b>Wissenschaftliche Veranstaltungen [Anzahl]</b>											
Meetings / Workshops		2/4									

Direktor:

Prof. Dr. Bernd Johannsen

Tel.: +49 351 260-3170

E-Mail: b.johannsen@fz-rossendorf.de

Abteilungsleiter:

Dr. Hartmut Spies

Bioanorganische Chemie

Dr. Jörg Steinbach

PET-Tracer (bis 06/2001)

Dr. Frank Wüst

PET-Tracer (ab 08/2001)

Dr. Peter Brust

Biochemie (bis 02/2001)

Dr. Ralf Bergmann

Radiopharmakologie (ab 03/2001)

Dr. Bettina Beuthien-Baumann (kom.)

Positronen-Emissions-Tomographie (bis 12/2001)

Prof. Dr. Jörg van den Hoff

Positronen-Emissions-Tomographie (ab 01/2002)



## Institut für Radiochemie IRC

### Zielstellung – ein Überblick

Das Institut für Radiochemie führt anwendungsorientierte Grundlagenforschung auf dem Gebiet der Radiochemie und Radioökologie durch. Ziel ist es, die Wechselwirkungen und die Mobilität von Radionukliden in der Geo- und Biosphäre zu beschreiben und zu prognostizieren. Aufgrund ihrer hohen Radiotoxizität und langen Halbwertszeiten sind dabei die Actiniden von besonderer Bedeutung.

Der Transport der Radionuklide/Actinide wurde bisher nur makroskopisch beobachtet und phänomenologisch beschrieben. Für eine wissenschaftlich fundierte Prognose der Mobilität von Radionukliden/Actiniden ist es erforderlich, die ablaufenden Vorgänge in Einzelprozesse zu zerlegen und diese auf molekularer Ebene aufzuklären. Unter Verwendung reaktiver Transportmodelle wird es möglich, aus der mikroskopischen Information makroskopische Voraussagen abzu-

leiten. Die dazu benötigten Datenbanken und Modellierungssoftware müssen erweitert und qualitativ verbessert werden.

Die Forschung umfasst mittelfristig insbesondere die Beschreibung der Wechselwirkungsmechanismen von Radionukliden/Actiniden in aquatischen und biologischen Systemen. Es werden unter anderem die Wechselwirkungen an der Phasengrenzfläche zwischen wässriger Phase und Gesteinen, Mineralen, Böden und Pflanzen, die Bildung, Stabilität und Mobilität Radioaktivität tragender Kolloide, der Einfluss von Bakterien auf die vorgenannten Prozesse sowie die Ursachen für die Mobilisierung oder Retardierung der Radionuklide untersucht.

Die Forschungsergebnisse sind wesentlich für die Entwicklung geeigneter Sanierungstechnologien für kontaminierte Flächen, die zum Beispiel als Altlasten



des Uranerzbergbaus in Sachsen und Thüringen, als weitflächige Kontaminationen in den Nachfolgestaaten der früheren Sowjetunion und in den USA, resultierend aus der Kernwaffenentwicklung und -produktion, und als kontaminierte Gebiete durch Nuklearunfälle vorliegen. Eine umfassende Kenntnis der Radionuklidmigration ist unerlässlich für die Abschätzung der radioökologischen Konsequenzen für Mensch und Umwelt bei der Auswahl, Durchführung und nach der Beendigung von Sanierungsmaßnahmen. Die Forschungsergebnisse sind ebenso von grundlegender Bedeutung für die Beurteilung der Langzeitsicherheit von nuklearen Endlagern. Durch die Entwicklung und die Anpassung spektroskopischer Speziationmethoden werden experimentelle Bedingungen geschaffen, Wechselwirkungsmechanismen und Konstitution von Radionukliden/Actiniden auf molekularem Niveau zu untersuchen.

### Wichtigste Ergebnisse

Americium und Curium wurden erstmalig am radiochemischen Messplatz des Synchrotronstrahlrohrs ROBL untersucht. Von den Am(III)- und Cm(III)-Aquoionen wurden die Strukturparameter der Hydrathülle mittels EXAFS-Spektroskopie bestimmt.

EXAFS-Untersuchungen zur Sorption von Uran(VI) aus  $5 \times 10^{-5}$  molarer Lösung ergaben, dass das Uran bei pH=5 und Ionenstärke 0,1 M NaClO<sub>4</sub> einen inner-sphärischen, bidentaten Komplex mit den Aluminolgruppen des Montmorillonits bildet.

EXAFS-, TEM- und EDX-Messungen zeigten, dass bei der Wechselwirkung mit *Acidithiobacillus ferrooxidans* das Uran überwiegend an die phosphorhaltigen funktionellen Gruppen der extrazellulären Polysaccharide, der Zellwände und der intrazellulären Polyphosphate gebunden ist.

Die Arbeiten des Instituts zur Arsenat- und Phosphatspeziation des Urans in sechs- und vierwertigem Oxidationszustand wurden vervollständigt. Nun liegen alle für thermodynamische Spezia-

tionsrechnungen benötigten Komplexbildungskonstanten für die Reaktionen mit dem jeweiligen Dihydrogenanion vor.

Mittels der neu entwickelten Fluoreszenzspektroskopie mit ultrakurzen Laserpulsen wurden erstmals Komplexbildungskonstanten für Uran(VI) und Neptunium(V) mit 2,3-Dihydroxybenzoesäure bestimmt. Damit wurde die Leistungsfähigkeit des im Institut entwickelten Systems unter Beweis gestellt.

Das Spektrum der Modell-Huminsäuren (HS) wurde durch die Präparation einer Huminsäure mit ausgeprägter Redoxfunktionalität, basierend auf der Hydrochinon-Oxidation mit Kaliumperoxodisulfat in alkalischer Lösung, vervollständigt. Damit wurde eine entscheidende Voraussetzung zum Studium der Wechselwirkungen von HS und Actiniden unter reduzierenden Bedingungen geschaffen.

Es wurden erstmalig Strukturuntersuchungen an Pu(III)-Huminstoff-Komplexen durchgeführt, um die Nahordnung des Pu(III) zu bestimmen. Durch XANES-Spektroskopie wurde das Vorliegen von Pu(III) in den HS-Komplexen bestätigt. Pu ist darin von sieben Sauerstoffatomen in einem Abstand von 2,45 Å umgeben. Die Koordinationszahl ist mit der von Pu(III)-Hydrat vergleichbar, wobei die Pu-O-Bindung geringfügig verkürzt ist.

Kolloidchemische Untersuchungen an Flutungswasser aus einem Uranbergwerk ergaben, dass die Kolloide einen erheblichen Einfluss auf das Transportverhalten von Uran und anderen radiotoxischen Schwermetallen haben. Die Uransorption an diesen Kolloiden hängt in komplexer Weise von den Umgebungsbedingungen wie pH-Wert und Carbonatkonzentration ab.

Die unikale mineralspezifische Sorptionsdatenbank RES<sup>3</sup>T wurde weiterentwickelt und einem internationalen Nutzerkreis mit Erfolg vorgestellt und zugänglich gemacht. Das Programm wurde nutzerfreundlicher gestaltet, im Datenumfang stark erweitert und in der Funktionalität um automatische Datenbearbeitung, Zusammenstellung konsistenter Datensätze für komplexe Szenarien sowie statistische Datenauswertung ergänzt.

Im Berichtszeitraum hat das Institut die Einwerbung von Drittmitteln deutlich gesteigert und wurde Partner in drei EU-Projekten.

### Institutsübergreifende Zusammenarbeit

Ein Großteil der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten ist in die zentrumsübergreifenden Vernetzungsprojekte „Radionuklidmigration“ und „Infrarotspektroskopie“ integriert. Die gemeinsamen Forschungsarbeiten mit dem Institut für Sicherheitsforschung im Vernetzungsprojekt „Radionuklidmigration“ konzentrieren sich auf die Beschreibung des Transports von Schwermetallen (Actiniden) in der ungesättigten Zone. Die Modellierung dieses Transports wird begleitet von Säulenexperimenten.

Innerhalb des Vernetzungsprojekts „Infrarotspektroskopie“ erfolgt in einer ersten Etappe der Aufbau eines Infrarot-Messplatzes für Actiniden in enger Kooperation mit dem Institut für Kern- und Hadronenphysik, der Zentralabteilung Strahlungsquelle ELBE sowie dem Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung.

Der Betrieb und die wissenschaftlichen Experimente am Synchrotronstrahlrohr ROBL erfolgen in enger Kooperation mit der Zentralabteilung Forschungs- und Informationstechnik und dem Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung. Die programm- und gerätetechnischen Voraussetzungen für die schnelle Spektrenaufnahme (Quick-EXAFS) wurden vollständig geschaffen.

In Zusammenarbeit mit der Abteilung Kommunikation und Datenverarbeitung wurde die numerische Stabilität des auf dem Tichonov'schen Regularisierungsverfahren beruhenden EXAFS-Auswerteprogramms wesentlich verbessert und die Einsatzmöglichkeit des auf der Faktorenanalyse basierenden Programms zur Speziationsanalyse auf die UV/Vis- und die TRLFS-Spektroskopie ausgedehnt. Beide Programme wurden an Nutzer zur Anwendung und eingehenden Testung übergeben.



Gemeinsam mit dem Institut für Bioanorganische und Radiopharmazeutische Chemie wurden durch EXAFS-Untersuchungen die Strukturparameter analoger Komplexe des Technetiums und Rheniums vom „4+1“-Gemischtligandentyp bestimmt. Weiterhin erfolgten EXAFS-Untersuchungen der Lösungsstrukturen von Tricarbonylkomplexen des Technetiums und Rheniums.

Mit dem Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung besteht eine stabile Zusammenarbeit bei der chemisch-physikalischen Charakterisierung von Gesteins- und Mineraloberflächen, von synthetisierten neuen Uranverbindungen und der mikroskopischen Visualisierung von Kolloidpartikeln.

### **Zusammenarbeit mit externen Partnern**

Innerhalb von geförderten wissenschaftlichen Projekten wird mit einer großen Anzahl von nationalen und internationalen Partnern kooperiert. So wird in den drei EU-Projekten BORIS (Building Confidence in Deep Disposal: The Borhole Injection Site Krasnoyarsk-26 and Tomsk-7), ACTAF (Aquatic Chemistry and Thermodynamics of Actinides and Fission Products Relevant to Nuclear Waste Disposal) und HUPA (Humic Substances in Performance Assessment of Nuclear Waste Disposal) mit 23 Partnern aus 10 europäischen Ländern einschließlich Russland kooperiert.

Die Wechselwirkung niederwertiger Actinide und Schwermetalle mit Huminsäuren ist das Thema einer wissenschaftlichen Zusammenarbeit mit dem Forschungszentrum Karlsruhe, den Universitäten Mainz und Saarbrücken und dem Institut für Interdisziplinäre Isotopenforschung Leipzig.

Bei der Entwicklung und Installation fortgeschrittener Programme zur Auswertung röntgenabsorptionsspektroskopischer Messungen an Actiniden wird intensiv mit dem Institut für Metallphysik in Ekaterinburg/Russland und dem Institut für Mikroelektronik-Technologie in Chernogolovka/Russland zusammengearbeitet. Die quantenchemischen Berech-

nungen zu den Strukturen von Th(IV)- und U(VI)-Spezies erfolgten in Zusammenarbeit mit der Universität Tokyo und mit Unterstützung des Rechenzentrums der TU Dresden.

Die mikrobiologischen Arbeiten zur Ermittlung der bakteriellen Diversität in den Halden und Tailings des Uranerzbergbaues erfolgen weiterhin in enger Kooperation mit Wissenschaftlern des Lehrstuhls für Geomikrobiologie der Universität Sofia/Bulgarien und dem Institut für Molekulare Biologie, Bulgarische Akademie der Wissenschaft, Sofia/Bulgarien.

Die Herstellung von Biokeramiken auf der Basis bakterieller Membranproteine für Schwermetall bindende Filter zur Behandlung von industriellen und radioaktiv kontaminierten Wässern ist das Thema einer anwendungsorientierten Projektarbeit mit dem Institut für Werkstoffwissenschaften der TU Dresden und der Firma Feinchemie GmbH Sebnitz.

Auf den Gebieten der Gesteinscharakterisierung und der Sorption von Actiniden an Gesteins- und Mineraloberflächen wurde intensiv mit der TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geologie, dem Forschungszentrum Karlsruhe, Institut für Nukleare Entsorgung, dem Institut für Angewandte Physik der TU Dresden, dem UFZ Leipzig-Halle, der GRS Braunschweig und der Gesellschaft für Biotechnologische Forschung mbH, Braunschweig zusammengearbeitet.

Eine anwendungsorientierte Projektzusammenarbeit zur Abtrennung von Uran aus Sicker- und Grundwässern mit uranophilen Calixarenen besteht mit dem Deutschen Textilzentrum Nord-West e.V. in Krefeld und mehreren industriellen Partnern.

### **Forschungsvorhaben**

- Aquatische Chemie der Actiniden
- Wechselwirkung Actiniden mit Festphasen
- Actiniden in Biosystemen
- Reaktiver Transport
- Spektroskopische Speziationsmethoden



## Statistischer Überblick 2001/2002

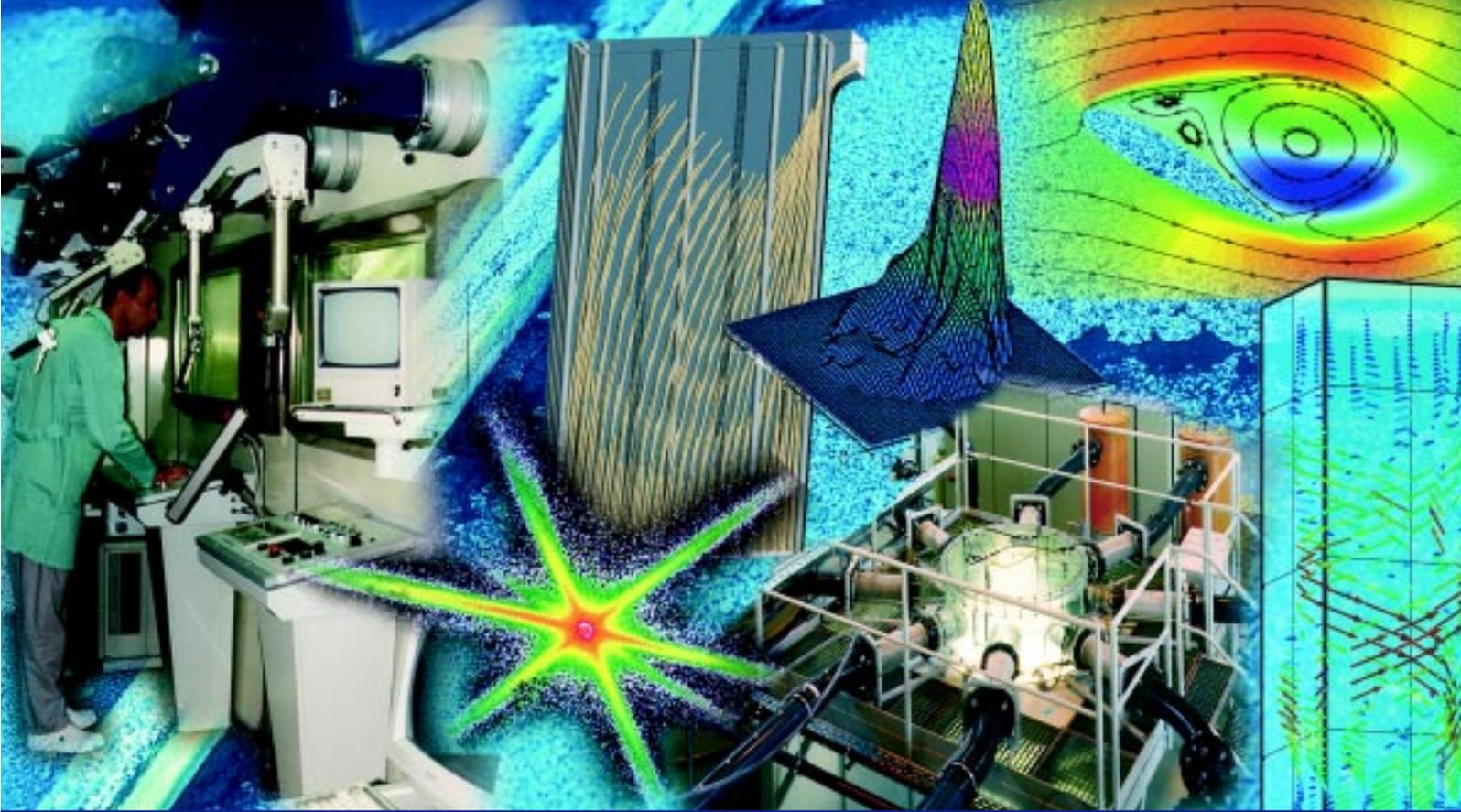
Mitarbeiter [Planstellen]											
Gesamt		37/37			Wissenschaftler			15/15			
Annexpersonal [Anzahl   Personenjahre]											
Postdoc	4/4	3,92/3,83	Doktoranden	4/4	1,5/1,38	Gastwissenschaftler	10/8	1,9/0,84	Hilfskräfte	30/33	2,8/6,36
Drittmittelfinanziertes Personal [Anzahl   Personenjahre]											
Wissenschaftler	17/17	11,8/11,31	Technisches Personal	7/4	3,5/3,53	Gastwissenschaftler	4/2	0,6/0,78	Doktoranden	-	-
Geräteinvestitionen [TEUR]											
grundfinanziert		464/721			drittmittelfinanziert			142/85,4			
Wissenschaftliche Veröffentlichungen [Anzahl]											
Monografien / Beitr. zu Sammelwerken		5/15			Vorträge/Konferenzbeiträge/Poster			105/72			
Artikel (referiert)		31/21			Diplomarbeiten			-			
Artikel (nicht referiert)		-			Doktorarbeiten			0/4			
Artikel im Eigenverlag		3/11			Patentanmeldungen			1/1			
Wissenschaftliche Veranstaltungen [Anzahl]											
Meetings / Workshops		3/3									

### Direktor:

Prof. Dr. Th. Fanghänel      Tel.: +49 351 260-32 10  
 (bis 31. 3. 2002)            E-Mail: th.fanghaenel@fz-rossendorf.de  
 Prof. Frank-Peter Weiß      Tel.: +49 351 260-34 80  
 (kommissarisch ab 1. 4. 2002) E-Mail: f.p.weiss@fz-rossendorf.de

### Abteilungsleiter:

Prof. Dr. Gert Bernhard      Entsorgungs-und Ökoradiochemie  
 Dr. Karl-Heinz Heise        Organische Tracerchemie  
 Dr. Tobias Reich                Synchrotronstrahlungsanwendungen (bis 3/2002)  
 N. N.                                (ab 4/2002)  
 Dr. Peter Merker                Kolloide (bis 12/2001)  
 Dr. Harald Zänker               Kolloide (kommissarisch ab 1/2002)  
 Dr. Karl Krogner                Analytik



## Institut für Sicherheitsforschung IfS

### Zielstellung – ein Überblick

Das Institut für Sicherheitsforschung (IfS) zielt mit seiner Tätigkeit darauf ab, Risiken und Gefahren aus technischen Aktivitäten für Menschen und Umwelt zu bewerten und Möglichkeiten aufzuzeigen, wie Risiken gemindert und Gefahren ausgeschlossen werden können.

Im Sinne dieser Zielstellung arbeitet das Institut auch an Problemstellungen zur effizienten und umweltschonenden Prozessführung.

Zur Analyse der thermo-fluiddynamischen Prozessphänomene in chemisch/verfahrenstechnischen und kerntechnischen Anlagen werden physikalische Modelle und Computer-Programme für Mehrphasen- und Mehrkomponenten-Strömungen sowie für die orts- und zeitabhängige Leistungsfreisetzung entwickelt. Für die Störfallsimulation in der Kerntechnik werden gekoppelte neutronenkinetisch-thermohydraulische Programmsysteme erarbeitet, die eine räumliche Modellierung wichtiger Teilphänomene (Neutronenkinetik, turbulente Vermischung von Kühlmittelströmen) erlauben. Bei verfahrenstechnischen Anwen-

dungen ist die genaue Kenntnis der thermodynamischen Daten und der Prozessverläufe eine wichtige Voraussetzung für die effiziente und umweltschonende Prozessführung, aber auch für die Störfallprävention. Deshalb wird die Kinetik exothermer chemischer Reaktionen bei normalem Verlauf und bei Runaway experimentell und theoretisch untersucht.

Die Magnetohydrodynamik (MHD) als spezielle Ausprägung der Thermohydraulikforschung des Instituts behandelt das Verhalten elektrisch leitfähiger Flüssigkeiten unter dem Einfluss externer elektromagnetischer Felder. Die MHD eröffnet eine Vielzahl technologischer und sicherheitsrelevanter Anwendungen, zum Beispiel bei der Züchtung von Halbleiter-Einkristallen, im Schiffbau, der Metallurgie und der Elektrochemie. Diese Anwendungen werden aus der Forschung zu grundlegenden MHD-Effekten heraus erschlossen.

Als Grundlage der theoretischen Arbeiten zur Thermofluidynamik sind experimentelle Untersuchungen unerlässlich.



Deshalb hat das Institut die Versuchsanlage TOPFLOW (Transient Two Phase Flow) für räumlich und zeitlich transiente Zweiphasenströmungen aufgebaut und entwickelt schnelle tomografische Messverfahren für die Analyse der Experimente. TOPFLOW ist das wichtigste Einzelvorhaben des Instituts.

Die Arbeiten zur Material- und Komponentensicherheit sind auf die Untersuchung von Alterungsvorgängen in Konstruktionswerkstoffen von Kernreaktoren, einschließlich Transmutationsanlagen, durch Neutronen- und Gammastrahlen ausgerichtet. Um die Strahlenbelastung der Konstruktionskomponenten zu bestimmen, werden neue Berechnungsverfahren für Teilchen- und Strahlungsfelder entwickelt und angewendet. Die Verschlechterung der mechanischen Eigenschaften als Folge der Strahlenbelastung wird mit modernen bruchmechanischen Methoden ermittelt. Für die Aufklärung der mikrostrukturellen Schädigungsmechanismen werden hochauflösende Strukturanalysemethoden, vornehmlich Kleinwinkel-Streuanalysen, genutzt. Das IfS hat sich auf dem Gebiet der Materialsicherheit zu einem Zentrum für die Untersuchung bestrahlten Materials entwickelt und hält dafür moderne heiße Zellen bereit.

Die Belastung von mechanischen Anlagenkomponenten ist im Störfall besonders hoch. Ausgehend von den Störfalllasten (Temperaturen und Drücke) und den bruchmechanischen Eigenschaften der sicherheitsrelevanten Komponenten wird die Integrität von Anlagen mit Hilfe strukturmechanischer Berechnungsverfahren untersucht. Zu diesem Zweck werden auch Modelle entwickelt, welche die mechanischen und thermischen Wechselwirkungen zwischen den Fluiden und den Komponenten berücksichtigen.

Da technische Aktivitäten und insbesondere Störfälle zur Emission von Schadstoffen führen können, werden Modelle zur Beschreibung des Transports von Schadstoffen in der Geosphäre benötigt. Dabei konzentriert sich das IfS auf die Modellierung der physikalischen und chemischen Vorgänge beim Transport von Radionukliden im Boden.

## Wichtigste Ergebnisse

Das Institut wirbt einen erheblichen Anteil seines Budgets als Drittmittel ein. Jährlich sind dies 2 - 2,5 Millionen Euro, die über Fördermittel des Bundes oder der EU oder über Verträge mit der Industrie zur Verfügung stehen. Nahezu die Hälfte des Personals des IfS wird über diese Drittmittel finanziert.

Im Rahmen der Initiative „Innovative Gründerlabore“ hat das BMBF beispielsweise die Einrichtung eines MHD-Labors im Institut mit 375 Tausend Euro unterstützt. Dieses Gründerlabor schafft permanent die Voraussetzungen für anwendungsorientierte und industrierelevante Entwicklungen, die es den Mitarbeitern ermöglichen sollen, sich auszugründen und Technologiefirmen aufzubauen.

Das wissenschaftliche Leben wird maßgeblich auch durch Meetings und Workshops geprägt, die das Institut ausrichtet. Zu nennen sind vor allem die Abschlusskonferenz des Innovationskollegs der DFG zur „Magnetofluidynamik elektrisch leitfähiger Flüssigkeiten“, ein OECD-Workshop zur Simulation von Störfallszenarien in Siedewasserreaktoren sowie der nun bereits 5. Workshop zur Entwicklung und Anwendung von Zweiphasenmesstechnik.

Der Aufbau der Thermohydraulik-Versuchsanlage TOPFLOW ist abgeschlossen. Bis Ende 2002 erfolgt die so genannte Warmerprobung.

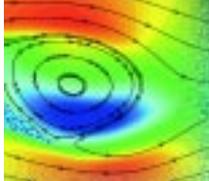
Der Projektträger „Reaktorsicherheit“ des BMWi hat für die Experimente an TOPFLOW ein Förderprojekt mit einem Gesamtumfang von 2,9 Millionen Euro bewilligt. „Kalte Experimente“ mit Luft und Wasser wurden 2002 begonnen. TOPFLOW wird die internationale Stellung des Institutes auf dem Gebiet der Modellierung von Zweiphasenströmungen entscheidend stärken. Dazu trägt die innovative Zweiphasenmesstechnik erheblich bei, die im IfS entwickelt wird. Das gilt sowohl für die so genannten „Gittersensoren“ als auch für die schnelle Gammatomografie, mit der sogar Gasgehaltsverteilungen in Zweiphasenverdichtern sichtbar gemacht werden können.

Am Versuchsstand ROCOM (Rossendorf Coolant Mixing Test Facility) wurden

umfassende Experimente zur Untersuchung der Kühlmittelvermischung bei Deborierungs- und Kaltwassertransienten in Druckwasserreaktoren, unter anderem auch im Auftrage der Reaktorbetreiber, durchgeführt. Auf dieser Grundlage wurden CFD-Berechnungsmodelle (Computational Fluid-Dynamics) validiert und ein neues semi-empirisches Berechnungsverfahren entwickelt. Durch Kopplung dieses semi-empirischen Modells mit dem Reaktordynamik-Programm DYN3D wurde gezeigt, dass ein abgeschalteter Reaktor beim Eintritt von 36 Kubikmetern Deionats zwar kurzzeitig rekritisch wird, dass aber keine unzulässigen Drücke und Brennstofftemperaturen auftreten.

Mit Methoden der Neutronenkleinwinkelstreuung wurden die durch Neutronenbestrahlung induzierten Gefügeveränderungen in Druckbehälterstählen von WWER-Reaktoren russischer Bauart untersucht. Damit wurden erstmals für WWER-Stähle direkte Korrelationen zwischen den bestrahlungsbedingten mechanischen Eigenschaftsänderungen und den Gefügeänderungen aufgezeigt. Sie liefern den Ansatz zu einer physikalischen Untermauerung der empirisch begründeten, im russischen Regelwerk festgelegten Normative für die Abhängigkeit zwischen empfangener Neutronenfluenz und Zähigkeitsverlust der Stähle.

Das Verhalten der unteren Kalotte eines Reaktordruckbehälters (RDB) bei einem schweren Störfall mit Schmelzeverlagerung in die Bodenkalotte wird in 1:10-Modellversuchen im Rahmen eines EU-Projektes am Königlichen Institut für Technologie Stockholm untersucht. Mit einem im IfS entwickelten Berechnungsverfahren wurden die Versuche mit dem Ziel voraus- und nachberechnet, Zeitpunkt und Art des Versagens des Reaktordruckbehälters zu ermitteln. Temperaturverlauf, Versagensgeometrie und Versagenszeit wurden in sehr guter Übereinstimmung mit dem Experiment berechnet. Die Arbeiten des Instituts führten zu zwei Patenten. Eines davon sieht die mechanische Unterstützung des durch Kriechen verformten RDB und die passive Flutung der Reaktorgrube zur Kühlung der Schmelze vor. Dadurch kann die Zeit bis zum möglichen Versagen des RDB erheblich verlängert werden, sodass



inzwischen Notfallmaßnahmen zur Verhinderung des Durchschmelzens ergriffen werden können.

Die Mitarbeiter des IfS, Dr. G. Gerbeth, Dr. F. Stefani und Dipl.-Ing. Th. Gundrum, erhielten den Forschungspreis 2001 des FZR für ihre Arbeiten zum Nachweis der Magnetfeldselbsterregung in Flüssigmetallströmungen zusammen mit dem Institut für Physik der Universität in Riga. In mehreren, maßgeblich in Rossendorf vorbereiteten Experimenten war es weltweit erstmals gelungen, den so genannten Dynamoeffekt im Experiment zu belegen. Auch im Jahr 2002 ging der Forschungspreis des FZR an das IfS. Dr. E. Altstadt und H.-G. Willschütz wurden für ihre Arbeiten zur theoretischen Modellierung des Verhaltens eines Reaktor-Druckbehälters bei einem schweren Störfall und für die Entwicklung störfallbegrenzender Gegenmaßnahmen ausgezeichnet.

### **Institutsübergreifende Zusammenarbeit**

Das Institut für Sicherheitsforschung orientiert bei den Forschungsarbeiten auf die Vernetzung mit den anderen Instituten des Zentrums. Das gilt in besonderer Weise für die Modellierung des Radionuklidtransports in ungesättigten Boden-zonen gemeinsam mit dem Institut für Radiochemie. Die beiden Institute vereinen an dieser Stelle ihre Kompetenz zur Speziationsanalytik einerseits und zur mathematischen Modellierung physikochemischer Prozesse andererseits. Dieses gemeinsame Vorhaben ist als Vernetzungsprojekt des Zentrums ausgewiesen.

Mit dem Institut für Kern- und Hadronenphysik wird am Vernetzungsprojekt zur Erzeugung und Nutzung gepulster schneller Neutronen an ELBE gearbeitet. Der Radiator zur Neutronenerzeugung in flüssigem Blei inklusive Kühlung und Beam Dump wurde im Entwurf ausgearbeitet. Rechnungen zum Strahlungsuntergrund im Kollimator und zur Aktivierung liegen ebenfalls vor. Der Aufbau eines Versuchsmusters des Targets ist weit fortgeschritten. An diesem Vernetzungsprojekt ist auch die TU Dresden beteiligt.

Ein weiteres Vernetzungsprojekt zu PET (Positronen-Emissions-Tomographie) in Medizin und Technik ist mit den Instituten für Kern- und Hadronenphysik sowie Bioanorganische und Radiopharmazeutische Chemie definiert worden.

### **Zusammenarbeit mit externen Partnern**

Das IfS war mit der Einwerbung von Fördermitteln der EU auf den Gebieten „Reaktorsicherheitsforschung“ und „Innovative industrielle Technologien“ sehr erfolgreich. Es ist an insgesamt acht Projekten beteiligt, vier davon werden von Mitarbeitern des Instituts koordiniert. Die mit den Projekten verbundenen Zuwendungen betragen nahezu eine Million Euro. Partner in diesen Vorhaben sind hochrangige Institutionen und Firmen aus ganz Europa (zum Beispiel FRAMATOME ANP, EDF, Iberdrola Spanien, Tractebel Belgien, VTT Finnland, ENEA Bologna, CEA Cadarache, CIEMAT Madrid, Universität Delft, AEA Technology in Großbritannien, FZ Karlsruhe, FZ Jülich, Kurchatov-Institut Moskau, KFKI Budapest, NRI Rez/Tschechien).

Ende Juni 2001 fanden die deutsch-russischen Regierungsverhandlungen zur wissenschaftlich-technischen Zusammenarbeit (WTZ) auf dem Gebiet der friedlichen Nutzung der Kernenergie statt. Das IfS hat an diesen Verhandlungen teilgenommen und leitet 9 von 15 vereinbarten WTZ-Projekten zur Reaktorsicherheit.

Der gemeinsame SFB-Antrag mit der TU Dresden und weiteren außeruniversitären Partnern zum Thema „Elektromagnetische Strömungsbeeinflussung in Metallurgie, Kristallzüchtung und Elektrochemie“ wurde erfolgreich verteidigt. Die DFG fördert den SFB seit dem 1. Januar 2002. 5 von 14 bewilligten Teilprojekten werden vom IfS geleitet; an zwei weiteren ist es wesentlich beteiligt.

### **Forschungsvorhaben**

- Störfallanalyse von Leichtwasserreaktoren
- Sicherheit und Effektivität chemischer Prozesse
- Thermofluidynamik von Mehrphasen-/Mehrkomponentensystemen
- Magneto hydrodynamik elektrisch leitfähiger Flüssigkeiten
- Material- und Komponentensicherheit
- Teilchen- und Strahlungstransport



## Statistischer Überblick 2001 / 2002

Mitarbeiter [Planstellen]											
Gesamt		50/50			Wissenschaftler				17/17		
Annexpersonal [Anzahl   Personenjahre]											
Postdoc	4/4	3,0/3,0	Doktoranden	2/3	0,68/1,17	Gastwissenschaftler	19/7	1,16/1,85	Hilfskräfte	25/31	2,44/5,91
Drittmittelfinanziertes Personal [Anzahl   Personenjahre]											
Wissenschaftler	39/39	26,88/28,91	Technisches Personal	6/5	4,27/3,58	Gastwissenschaftler	16/33	0,94/2,31	Doktoranden	1/1	0,38/0,17
Stipendiaten	1/1	0,25/0,25									
Geräteinvestitionen [TEUR]											
grundfinanziert		1.599/2.007			drittmittelfinanziert				357/260		
Wissenschaftliche Veröffentlichungen [Anzahl]											
Monografien / Beitr. zu Sammelwerken		12/31			Vorträge/Konferenzbeiträge/Poster				70/69		
Artikel (referiert)		55/68			Diplomarbeiten				-		
Artikel (nicht referiert)		-			Doktorarbeiten				2/1		
Artikel im Eigenverlag		10/14			Patentanmeldungen				2/7		
Wissenschaftliche Veranstaltungen [Anzahl]											
Meetings / Workshops		9/9									

Direktor:

Prof. Dr. Frank-Peter Weiß

Tel.: +49 351 260-3480

E-Mail: f.p.weiss@fz-rossendorf.de

Abteilungsleiter:

Dr. Horst-Michael Prasser

Dr. Jürgen Böhmert

Dr. Klaus Noack

Dr. Gunter Gerbeth

Dr. Ulrich Rohde

Experimentelle Thermofluidodynamik

Material- und Komponentensicherheit

Teilchen- und Strahlungstransport

Magneto-Hydrodynamik

Störfallanalyse



## Institut für Kern- und Hadronenphysik IKH

### Zielstellung – ein Überblick

Im Institut für Kern- und Hadronenphysik wird etwa zu gleichen Teilen einerseits Grundlagenforschung in der Hadronen-, Kern- und Strahlungsphysik betrieben sowie andererseits die Übertragungsmöglichkeit von deren Methoden und Ergebnissen vor allem in die Lebenswissenschaf-

ten untersucht und genutzt. Typisch hierfür ist das Studium der Dynamik von komplexen Vielteilchensystemen über ihre Kopplung an elektromagnetische Strahlung. Diese Thematik spielt für die geplante multidisziplinäre Nutzung der an ELBE erzeugten Strahlung eine zentrale Rolle.



## Wichtigste Ergebnisse

### ■ Kern- und hadronenphysikalische Projekte

Die seit langem sehr erfolgreiche experimentelle und theoretische kernstrukturphysikalische Forschung des IKH wird mit veränderter Zielsetzung an der Strahlungsquelle ELBE fortgesetzt. Die Untersuchung von Hochspinzuständen verliert dabei an Bedeutung, da in der Wechselwirkung von Photonen aus der Bremsstrahlung mit Kernen weniger nukleare Rotationen angeregt werden, sondern Anregungsmoden mit niedrigem Drehimpuls. In schweren Kernen kann so Spaltung induziert werden und die gute Zeitdefinition des ELBE-Strahls erlaubt eine Flugzeitidentifizierung der Spaltfragmente und somit interessante und neuartige Messungen an Isotopen am Rande der nuklearen Stabilität. Deren Eigenschaften spielen eine wichtige Rolle bei der stellaren Elementsynthese und auch die Beobachtung des Kern-Photoeffekts liefert für deren Verständnis interessante Informationen, da so die thermisch-radiative Dissoziation schwerer Isotope im Labor simuliert werden kann. Damit bei diesen Untersuchungen an ELBE eine signifikant höhere Empfindlichkeit als in bisherigen Experimenten erreichbar wird, werden eine dedizierte Elektronenstrahlführung, ein spezieller Radiator, ein besonders geformter Kollimator, ein gut abgeschirmter Elektronenstrahlfänger, ein ausgedehnter Photonenabsorber hinter dem Target sowie Anti-Compton-Schilde und eine elektronische Unterdrückung der mit dem ELBE-Strahl unkorrelierten Untergrund-Photonen besonders günstige Experimentierbedingungen schaffen.

Die an ELBE möglichen Untersuchungen stehen in engem Zusammenhang zu den Projekten, die bei der GSI Darmstadt mit SIS bzw. dem geplanten neuen Großbeschleuniger wichtige Fragen der Astrophysik klären sollen – sowohl in astrophysikalischen Experimenten mit radioaktiven Strahlen als auch bei Untersuchungen zu im Stoß verdichteter hadronischer Materie, die als Modell dient für das hadronische Medium im Inneren gravitativ kollabierender Sterne. Die von den Experimentatoren und Theoretikern des IKH gemeinsam getragene Untersu-

chung von Mediumeffekten – wie z.B. mit HADES zu beobachten – untersucht zum einen die hadronische Wechselwirkung beherrschende chirale Symmetrie und zielt zum anderen auf die Vertiefung der Erkenntnisse, betreffend den Ursprung der hadronischen Selbstenergie. Obwohl die Hadronen 99,9 % der sichtbaren Masse des Universums bilden, fehlt ein detailliertes Verständnis der Masse-Generierung durch die starke hadronische Wechselwirkung.

### ■ Lebenswissenschaftliche Forschungsprojekte

Die Sekundärstrahlung von ELBE eröffnet dem FZR neue Ansätze für die biomedizinische Anwendung physikalischer Methoden und vor allem neue Untersuchungsmöglichkeiten auf zellulärem und subzellulärem Niveau. Besonders interessante Beispiele für den Einsatz nicht-konventioneller Photonenquellen bei biologischen Anwendungen sind die Sekundärstrahlung im IR-Bereich aus den Freie-Elektronen-Lasern und die Röntgenstrahlungs-Erzeugung durch Elektronen-Channeling in Einkristallen. Im Hinblick auf diese neuen Möglichkeiten war die Arbeit im lebenswissenschaftlichen Bereich vor allem geprägt durch die Vorbereitungen für die geplanten Bestrahlungs- und Messplätze sowie die Einrichtung von IR-Labormessplätzen und eines Zelllabors in der ELBE-Halle in unmittelbarer Nähe zu den künftigen Röntgen- und IR-Produktionsanlagen.

Das IKH plant weiterhin am Infrarot-Strahl des ELBE-FEL Experimente, die vorrangig die besonderen Eigenschaften des erzeugten IR-Strahls, insbesondere die leichte Durchstimbarkeit, die geringe Bandbreite und die kleine Pulslänge, ausnutzen. In detaillierten – und trotz unterschiedlicher numerischer Verfahren konsistenten – Simulationsrechnungen wurden die Bedingungen erfasst, die beim FEL-Betrieb erfüllt sein müssen, um diese Eigenschaften zu erreichen. Eine wichtige Rolle spielt hierbei die komplexe Justierung der FEL-Undulatoren und deren Kontrolle durch zwei unabhängige Magnetfeldmessmethoden. Weitere numerische Arbeiten befassten sich mit dem FEL-Resonator, der Auskopplung des Strahls und der IR-Strahlführung. In Vorbereitung zeitaufgelöster Messungen

wurden statische IR-Absorptionsspektren von bakteriellen Metall bindenden Proteinen aufgenommen und pH-abhängige Strukturveränderungen nachgewiesen. Ein Verständnis dieser Strukturänderungen ist für die beabsichtigte Nutzung der Proteine für die Entfernung von Uran aus radioaktiv belasteten Wässern erforderlich. Die Möglichkeit, Strukturveränderungen in Biomolekülen mit IR-Strahlung markierungsfrei nachzuweisen, wurde ferner genutzt, um die molekularen Mechanismen beim Sehvorgang zu untersuchen. Es wurden insbesondere solche Strukturmerkmale des Photorezeptors Rhodopsin IR-spektroskopisch charakterisiert, die für eine große Klasse von pharmakologisch wichtigen Membranproteinen bedeutend sind.

Die im IKH entwickelte In-situ-Kontrolle von Tumorbestrahlungen mittels Positronen-Emissions-Tomographie wurde weiter als klinische Routinemethode an der experimentellen Schwerionen-Therapieanlage bei der GSI Darmstadt eingesetzt. Bei den zahlreichen Patientenbestrahlungen mit Kohlenstoffstrahlen wurde zuverlässig gezeigt, dass die PET-Überwachung den behandelnden Radioonkologen die Planung und Durchführung der Therapie in zunehmend schwierigeren Situationen möglich macht. Wichtige Ergebnisse bei den begleitenden Forschungsarbeiten sind einerseits die Entwicklung eines praktikablen Verfahrens zur Quantifizierung von lokalen Dosisabweichungen auf der Basis von PET-Daten und andererseits die Durchführung und vollständige Auswertung der ersten PET-Experimente direkt an einem Protonenstrahl. Die Ergebnisse legen nahe, dass die im FZR zunächst für die Therapie mit Kohlenstoffstrahlen entwickelte Methode auch auf die Qualitätssicherung der weitaus häufiger eingesetzten Protonentherapie übertragbar ist.

## Institutsübergreifende Zusammenarbeit

Eine sehr enge Kooperation besteht mit den Zentralabteilungen des FZR, die für den Aufbau und den Betrieb der ELBE-Anlage zuständig sind. Gemeinsam wurden die Voraussetzungen für die Optimierung von Elektronenstrahl-Erzeugung, -Dia-



gnose und -Transport sowie der Auslegung von Undulator und Resonator erarbeitet und die theoretischen Vorarbeiten des IKH haben zu einem Konzept der IR-Strahlführung geführt, das die Wünsche der zukünftigen Nutzer möglichst gut berücksichtigt. Gemeinsam wurden auch mit dem Strahlenschutz und der Strahldiagnose zusammenhängende Probleme bearbeitet sowie die Auswirkungen der besonders geringen Emittanz der lasergetriebenen Elektronenkanone auf den FEL-Betrieb berechnet.

Die Kooperation mit den anderen Instituten des FZR hat weiter zugenommen, was deren wachsendem Interesse an der Nutzung von ELBE-Strahlung zuzuschreiben ist. Das betrifft insbesondere das Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung, das für den geplanten Einsatz der FEL-Infrarotstrahlung in der Halbleiterforschung ähnliche Probleme lösen muss, wie das IKH für die geplante lebenswissenschaftliche Nutzung des FEL. Das Institut für Radiochemie will bei der Aufklärung von chemischen Bindungsstrukturen mit der intensiven IR-FEL-Strahlung die Erfahrungen nutzen, die bei gemeinsamen Experimenten bei FELIX und bei CLIO gewonnen wurden. In Zusammenarbeit mit dem Institut für Sicherheitsforschung wird die Nutzung der an ELBE erzeugten schnellen Neutronen vorbereitet, durch die Beiträge zur Ergänzung der kernphysikalischen Grundlagen der Energietechnik geliefert werden sollen. Eine Machbarkeitsstudie wurde ausgeführt zur Nutzung der quasi-monochromatischen Röntgenstrahlung für Experimente der Abteilung Magnetohydrodynamik des IfS zur Visualisierung von Phasenübergängen und Strömungsvorgängen in Metallschmelzen. Eine thematische Verbindung des IKH mit dem Institut für Bioanorganische und Radiopharmazeutische Chemie gibt es bei den Arbeiten zur Positronen-Emissions-Tomographie (PET) und bei den vorbereitenden Untersuchungen für die Photonen-Aktivierungs-Therapie.

### **Zusammenarbeit mit externen Partnern**

Bei der Konzipierung der Bremsstrahlungsanlage an ELBE und der Planung der

dort geplanten Experimente profitierte das IKH von den wertvollen Erfahrungen am S-DALINAC der TU Darmstadt, am DYNAMITRON der Universität Stuttgart und an der Quelle für polarisierte Photonen in Gent. In Experimenten zusammen mit der ISOL-Gruppe am UNILAC wurde der Rossendorfer CLUSTER-Detektor eingesetzt. Durch die anstehende Überführung von weiteren dieser Detektoren aus dem EUROBALL-Projekt zur GSI Darmstadt wird sich die Rossendorfer Kernphysik dort verstärkt an der Gewinnung astrophysikalisch relevanter Kernstrukturdaten beteiligen. Gemeinsame Aktivitäten bestehen auch mit der Universität Sofia und dem INRE Sofia, der University of Tennessee/USA, der Notre Dame University/USA und dem VIK Dubna/Russland.

Die Komplettierung des HADES-Detektors und die Durchführung von Experimenten am SIS der GSI Darmstadt erfolgen im Rahmen einer großen Kollaboration, in der u. a. Gruppen der Universitäten Frankfurt, Giessen, München, Kraków und Praha mitarbeiten. Die im FZR gebauten Drahtkammerzähler werden auch am internen Strahl des Cooler Synchrotrons COSY in Jülich eingesetzt; auch dies mit starker internationaler Beteiligung. Bei theoretischen Untersuchungen wurde profitiert von der Zusammenarbeit mit der McGill University in Montreal, SUBATECH in Nantes, KFKI Budapest, ITP Kiev und dem VIK in Dubna.

Im FEL-Bereich ist die Zusammenarbeit mit dem DESY-HASYLAB hervorzuheben. Sie betraf vor allem Fragen der Elektronenstrahldiagnostik und der Untersuchung der magnetischen Eigenschaften spezieller Undulatorkonfigurationen. In beiden Fällen konnte sich das IKH in gewisser Weise für die gute Unterstützung des ELBE-Projekts durch DESY revanchieren, indem es mit eigenständigen Neuentwicklungen Lösungen erarbeitete, die auch für die TESLA-Test-Facility von Interesse sind.

Die geplanten zellbiologischen Experimente mit quasi-monochromatischer Röntgenstrahlung an ELBE sind Bestandteil des DFG-Forschungsprojekts „Korrelation physikalischer Parameter mit der zellulären Wirkung von niederenergetischen Photonen und geladenen Teil-

chen“, das von den Instituten für Zoologie und Strahlenschutzphysik sowie von der Klinik für Strahlentherapie und Radioonkologie der TU Dresden beantragt wurde. Gemeinsam wurde der Workshop „Zytomorphologie – Erfassung und Einflussfaktoren“ organisiert.

Zu einem gemeinsamen Forschungsvorhaben mit der Gamma-Service Produktbestrahlung GmbH Leipzig wurden erfolgreich umfangreiche Strahlungstransportrechnungen beigetragen, die die Dosisleistung aus einem industriellen Elektronenbeschleuniger vorhersagen. Gemeinsam mit der Universität Bremen, der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt und der TU Berlin wurde ein Röntgenreflektor auf der Basis von hoch orientiertem pyrolytischen Graphit entworfen, der die an ELBE erzeugte Channelingstrahlung fokussiert und gleichzeitig durch Monochromatisierung den Bremsstrahlungsuntergrund reduziert. Betreffend die Intensitätsverstärkung von Channelingstrahlung durch Ultraschallanregung des Kristallradiators arbeitet das IKH eng mit der auf diesem Gebiet führenden Theoriegruppe an der Armenischen Akademie der Wissenschaften in Erivan zusammen.

Innerhalb des Deutschen Schwerionentherapie-Projekts wurde die intensive Zusammenarbeit mit der Radiologischen Universitätsklinik und dem Deutschen Krebsforschungszentrum (DKFZ) in Heidelberg sowie der GSI Darmstadt fortgesetzt. Das betrifft sowohl das gemeinsame Betreiben der experimentellen Therapieanlage bei der GSI Darmstadt als auch die methodische Weiterentwicklung der PET-Methode zur Qualitätssicherung der Therapie, vor allem im Hinblick auf die in Heidelberg zu errichtende dedizierte klinische Therapieanlage. In diesem Rahmen wurden auch die gemeinsamen experiment-technischen Arbeiten mit dem Soltan Institute of Nuclear Studies in Otwock-Swierk/Polen verstärkt.



## Forschungsvorhaben

- Strahlungsquelle ELBE
- Forschung mit kohärenter Infrarotstrahlung
- Nicht-konventionelle Photonenquellen
- Biomedizinische Untersuchungen mit physikalischen Methoden
- Kernphysik mit Bremsstrahlung
- Untersuchungen zur Struktur mittelschwerer Kerne
- Elektromagnetische Signale von Hadronensystemen und das HADES-Projekt
- Strangeness in Hadronenreaktionen

## Statistischer Überblick 2001 / 2002

Mitarbeiter [Planstellen]											
Gesamt		39/40			Wissenschaftler			17/18			
Annexpersonal [Anzahl   Personenjahre]											
Postdoc	6/4	3,08/3,08	Doktoranden	6/6	1,75/2,00	Gastwissenschaftler	17/19	1,73/2,11	Hilfskräfte	9/10	0,67/1,43
Drittmittelfinanziertes Personal [Anzahl   Personenjahre]											
Wissenschaftler	11/9	4,5/7,01	Technisches Personal	-	-	Stipendiaten	2/2	0,27/1,06	Doktoranden	7/7	3/3,92
Gastwissenschaftler	4/4	0,4/1,37									
Geräteinvestitionen [TEUR]											
grundfinanziert		1.109/1.134			drittmittelfinanziert			14/1,3			
Wissenschaftliche Veröffentlichungen [Anzahl]											
Monografien / Beitr. zu Sammelwerken		-			Vorträge/Konferenzbeiträge/Poster			37/11			
Artikel (referiert)		54/31			Diplomarbeiten			-			
Artikel (nicht referiert)		2/2			Doktorarbeiten			4/3			
Artikel im Eigenverlag		-			Patentanmeldungen			-			
Wissenschaftliche Veranstaltungen [Anzahl]											
Meetings / Workshops		2/2									

Direktor :

Prof. Dr. Eckart Grosse

Tel.: +49 351 260-22 70

E-Mail: e.grosse@fz-rossendorf.de

Abteilungsleiter:

Prof. Dr. Eckart Grosse

Freie Elektronen Laser

Prof. Dr. Burkhard Kämpfer

Hadronenphysik

Dr. Friedrich Dönau

Kernphysik

Dr. Wolfgang Enghardt

Strahlungsphysik



## Zentralabteilung Forschungs- und Informationstechnik ZFI

### Überblick über die Zielstellung

Die ingenieurtechnische Unterstützung der Forschungsvorhaben im FZR bei der Schaffung spezieller Experimentausrüstungen ist die Aufgabe der Zentralabteilung Forschungs- und Informationstechnik. Daran sind drei Entwicklungsabteilungen mit umfangreichen Erfahrungen auf folgenden Gebieten beteiligt:

- Messtechnik (sensornahe Hardware, Messmethodik)
- Elektronische Instrumentierung (Instrumentierungssysteme, Rechen-technik, Softwareentwicklung)
- Mechanische Entwicklung (Konstruktion, Projektierung)

Daneben gibt es eine Gruppe für mechanische Technologien mit einer leistungsstarken Versuchswerkstatt, die über ein breites Spektrum verschiedenster Sonder-

technologien verfügt, um den spezifischen Anforderungen seitens der wissenschaftlichen Experimente zu entsprechen.

Schwerpunkte bildeten im Jahre 2002 die Arbeiten am ELBE-Projekt und am Rossendorfer Strahlrohr ROBL, Arbeiten für das Materialprüflabor sowie Entwicklungsarbeiten für den Tandembeschleuniger. An diesen Projekten wirken jeweils mehrere Institute beziehungsweise Zentralabteilungen des FZR mit.

Bedingt durch das ingenieurtechnische Profil der Zentralabteilung und ihre engen Kontakte zur Industrie fungiert sie in vielen Fällen als Bindeglied zur Überführung von originären Lösungen aus der Forschungstechnik in die Industrie (Geräte, Methoden, Technologien).



## Wichtigste Ergebnisse

- Strahlungsquelle - ELBE  
siehe Projektgruppe ELBE

- ROBL

Schwerpunkt der Arbeiten war die Einführung von Quick-EXAFS als Standardmessmethode in der Radiochemie. Es wurde eine Lösungskonzeption erstellt und umgesetzt, sodass die Experimentatoren jetzt erste Messungen mit dieser Methodik vornehmen und sie auf erforderliche Verbesserungen hin testen können.

Eine Erweiterung der Slit-Applikation ermöglichen Gap-Shift- und Gap-Offset-Scans in X- und Z-Richtung mit den Experimentblenden (Slits) an den Experimentierplätzen.

Aus dem Programm xatros wurde ein neues Programm minixatros abgeleitet, das für Experimente mit anormaler Streuung in der Materialforschung genutzt werden kann. Es dient der einfacheren Einstellung der Energie am Monochromator auf eine Absorptionskante. Die Beschreibung des Messprogramms xatros wurde in eine englischsprachige Version überführt; die Hard- und Softwaredokumentationen wurden erweitert und verbessert.

Eine Reihe von Arbeiten hatte die Erhöhung der Sicherheit der Strahlrohrkomponenten und ihre einfachere beziehungsweise effektivere Nutzung zum Ziel. Die wichtigsten sind:

- Schutzvorrichtung für die Spiegelbieger nach Druckausfall (Hardwarelösung)
- Automatisierung der Bedienung des Fluoreszenzschirmes
- Erweiterung der Wasserkühlung von Komponenten
- Automatisierung der gleichzeitigen Nutzung von zwei Filterboxen zu je vier Filtern
- Einbau von Schutzmaßnahmen für einen Probenhalter der Handschuhbox des Radiochemiemessplatzes
- Überarbeitung der Antriebe und Fertigung der Positioniereinrichtung für den Lytle-Detektor (Handschuhbox der Radiochemie)
- Weitere Verbesserungen der Messprogramme und Unterstützung für den Messbetrieb
- Einsatzvorbereitung einer Server-Workstation (Sun/E250) zur Verbesserung der rechentechnischen Basis

- Radionuklidlabor für Werkstoffuntersuchungen

Eine Trennschleifmaschine für aktivierte Proben wurde fertiggestellt und erprobt. Mit der Erprobung der Steuerung für das kleine Pendel und die Drahterodiermaschine wurde begonnen.

- Ausbau Ionenstrahltechnik

Für den neuen Strahlabschnitt Gils-Spektrometer wurde ein 4. Schaltschrank installiert. Die Steuerung für das Vakuumsystem und für die Strahlführung wurden fertiggestellt.

Weiterhin wurden verschiedene Komponenten, zum Beispiel eine Target-Schwenk- und Dreheinrichtung gefertigt. Das Bedien- und Beobachtungssystem am Tandem wurde erweitert und fertiggestellt.

- PET- Zentrum

Die Steuerung des Targetwechslers, der die Bestrahlung von Feststofftargets ermöglichen soll, wurde übergeben und in Betrieb genommen.

Weiterhin wurden 20 Rohrpostkassetten gefertigt.

- Dresdner Hochfeldlabor

Zur Vorbereitung der Evaluierung des 100-Tesla-Hochfeldprojekts wurde der Abschnitt über die Energieversorgungsanlage des „Vorschlags zur Errichtung eines Labors für gepulste, sehr hohe Magnetfelder in Dresden“ überarbeitet. Dafür wurden insbesondere umfangreiche Simulationsrechnungen der Energieversorgungsanlage für die geplante 100-Tesla-Anlage durchgeführt.

Am 24. und 25. Januar 2002 wurde die erfolgreiche Evaluierung des Dresdner Hochfeldlabors durchgeführt. Sie hatte die sehr positive Einschätzung des deutschen Wissenschaftsrates und dessen Empfehlung zur Errichtung des Labors zum Ergebnis.

Es wurde ständig am Betrieb und der Verbesserung der 50-Tesla/1-Megajoule-Hochfeldanlage im Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung Dresden (IFW) mitgearbeitet. Für das Hochfeldlabor im IFW wurden neue Thyristorschalter mit direkt lichtgesteuerten Thyristoren entwickelt und eingesetzt.

Die Konzeption für die 50-Megajoule-Pulsanlage im FZR wurde weiter ausgearbeitet. Die Angebote für die Hauptkomponenten der Bank wurden einge-

holt. Die Entwicklung, Konstruktion und Fertigung eines 1,44-Megajoule-Pilotmodells wurde begonnen.

- Sonstiges

Sonstige Werkstattarbeiten wurden für das Institut für Sicherheitsforschung durchgeführt: Ein Schienensystem und zwei Bleitunnel für einen Röntgenteststand, je drei Gittersensoren (Durchmesser 108,4 Millimeter und 54,3 Millimeter) sowie Sonden unterschiedlicher Bauform und Baugröße.

## Zusammenarbeit mit externen Partnern

Die wichtigsten Kooperationspartner sind das IFW Dresden und die Firma GBS Elektronik GmbH Rossendorf.

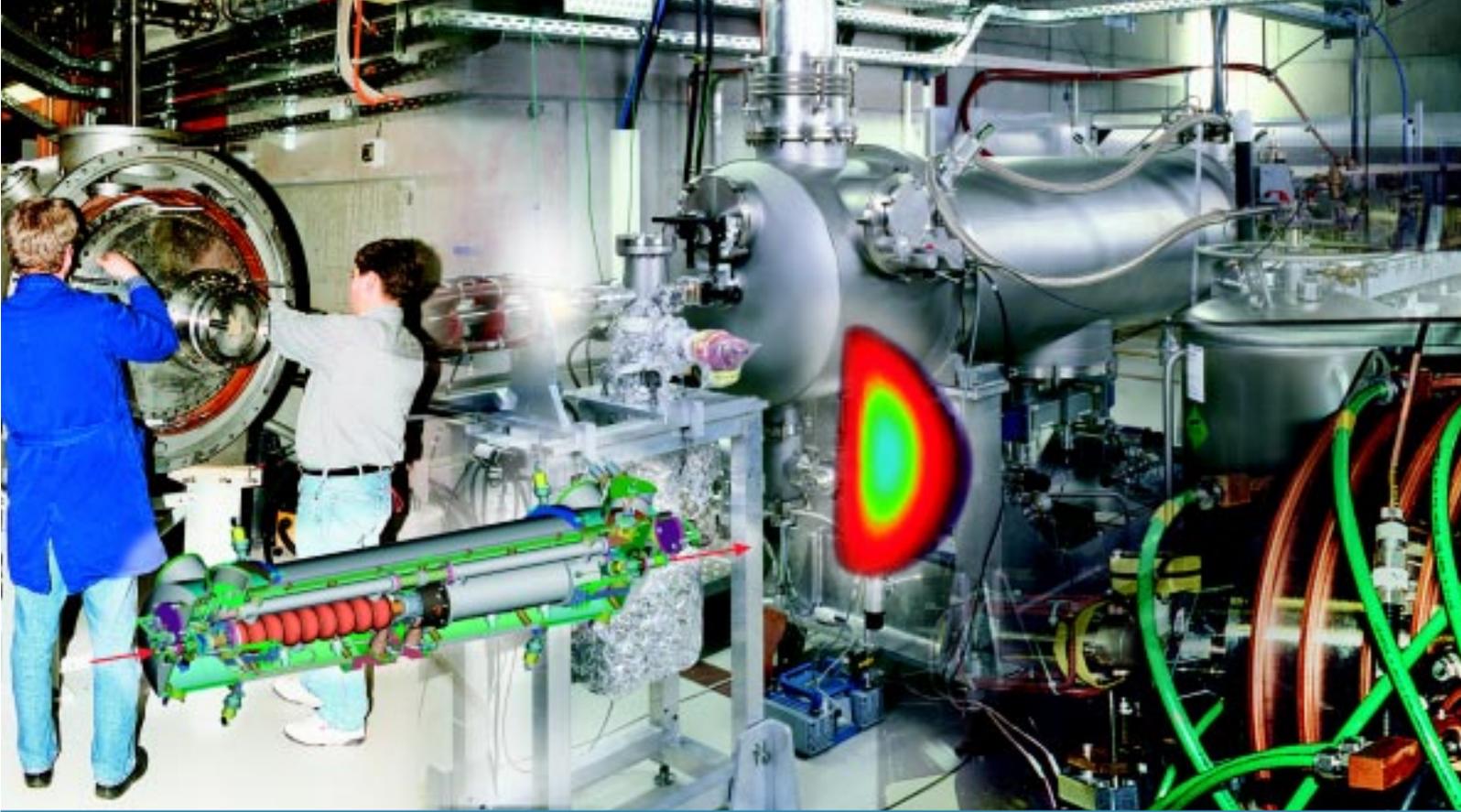


## Statistischer Überblick 2001 / 2002

<b>Mitarbeiter [Planstellen]</b>											
Gesamt		48/48				Wissenschaftler			11/11		
<b>Annexpersonal [Anzahl   Personenjahre]</b>											
Postdoc	1/1	1/1	Doktoranden	-	-	Gastwissenschaftler	1/0	0,05/0	Hilfskräfte	14/5	1,4/0,75
<b>Geräteinvestitionen [TEUR]</b>											
grundfinanziert		122/58				drittmittelfinanziert			6,1/0		
<b>Wissenschaftliche Veröffentlichungen [Anzahl]</b>											
Artikel (referiert)		1/0				Vorträge/Konferenzbeiträge/Poster			1/0		

Zentralabteilungsleiter: Dr. Frank Gabriel





## Zentralabteilung Strahlungsquelle ELBE ZSE

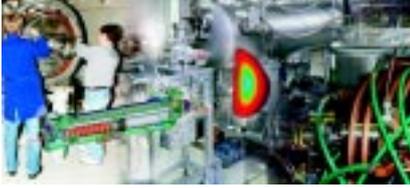
### Zielstellung – ein Überblick

Die Zentralabteilung Strahlungsquelle ELBE wurde am 1. 1. 2001 gegründet. Neben den ehemaligen 17 Mitarbeitern der Zentralabteilung Neue Beschleuniger wurden zusätzlich 7 Mitarbeiter anderer Einrichtungen des FZR, die bereits zum großen Teil am Aufbau von ELBE maßgeblich mitgewirkt hatten, in die neue Zentralabteilung integriert. Am 1. 3. 2001 war die Umstrukturierung abgeschlossen und die Abteilung ZSE arbeitsfähig. Die mittel- und langfristigen Hauptaufgaben der Zentralabteilung sind der Betrieb des Beschleunigers und der Freie-Elektronen-Laser, die Weiterentwicklung der Anlage und die Betreuung der zukünftigen Nutzer.

Die Hauptarbeitsgebiete im Jahr 2001 betrafen sowohl den direkten Aufbau als auch die langfristige Verbesserung bzw. Erweiterung der Anlage. Schwerpunkte waren die Inbetriebnahme und Optimierung des ersten Beschleuniger- und Strahlführungsabschnitts, die Erarbeitung von theoretischen Modellen zum Verständnis

und zur gezielten Verbesserung der Strahleigenschaften und die Entwicklung von Diagnose- und Auswerteprozeduren. Darüber hinaus wurden wesentliche Beiträge zur Entwicklung und zum Aufbau von Hochfrequenz- und Strahl Diagnosekomponenten für den ELBE-Beschleuniger, zum Betrieb und zur Optimierung der Heliumkälteanlage, zur Gewährleistung des Strahlenschutzes und beim Aufbau und der schrittweisen Übernahme von Gebäude- und Medientechnik an ELBE geleistet.

Das wichtigste eigenständige Forschungsvorhaben ist die Entwicklung einer supraleitenden Foto-Hochfrequenzquelle, die möglicherweise als mittelfristiger Ersatz des derzeitigen thermionischen DC-Injektors an ELBE dienen könnte. Diese Quelle wäre die weltweit erste supraleitende Hochfrequenzquelle und würde wichtige ELBE-Strahlparameter, insbesondere die transversale Emittanz deutlich verbessern.



## Wichtigste Ergebnisse

- Inbetriebnahme und Optimierung des ersten Beschleuniger- und Strahlführungsabschnitts

Während der Teststrahlzeit von April bis Dezember 2001 wurden alle Komponenten der 20-MeV-Beschleunigerstufe erfolgreich in Betrieb genommen und teilweise wesentlich verbessert. Am 3. 5. 2001 gelang die Beschleunigung von Elektronen im supraleitenden 20-MeV-Modul. Danach wurden schrittweise die Designparameter für Strahlenergie, Bunchladung, mittleren Strahlstrom, transversale Emittanz, Energiebreite und Bunchlänge eingestellt. Trotz Schwierigkeiten, verursacht durch verunreinigte Beschleunigerkavitäten infolge eines Vakuumeinbruchs, wurde im August 2001 zweifelsfrei gezeigt, dass ELBE die notwendigen Strahl- und Betriebsparameter zur Erzeugung von Sekundärstrahlung mit den geplanten Eigenschaften erreicht. Durch umfassende theoretische Untersuchungen der gemessenen Strahleigenschaften konnten die physikalischen Prozesse beim Einfang des Elektronenstrahles in den Hauptbeschleuniger verstanden und der Einfluss auf den longitudinalen Phasenraum erklärt werden. Es wurden mehrere Softwaremodule entwickelt, die sowohl für die derzeitigen Untersuchungen der ELBE-Strahleigenschaften als auch für den späteren Routinebetrieb benutzt werden sollen.

Nach einer 8-monatigen Umbau- und Erweiterungsphase wurde am 1. 9. 2002 der Teststrahlbetrieb an ELBE wieder aufgenommen. Durch deutlich verbesserte Strahl Diagnoseeinrichtung zum Schutz der Anlage und optimale Einstellung der Heliumkälteanlage konnte in kurzer Zeit ein stabiler Strahlbetrieb gewährleistet werden.

- Hochfrequenztechnik und Diagnosekomponenten

Im Jahr 2002 wurden von der ZSE diverse Komplettierungsarbeiten beim Aufbau der HF-Leistungsversorgung des ersten Beschleunigermoduls ausgeführt. Es wurden Demodulationsbaugruppen für Richtkoppler entwickelt und aufgebaut, die Hohlleiter für den zweiten Beschleunigermodul verlegt und sämtliche Leis-

tungselektronik in das Steuerungssystem von ELBE eingebunden.

Zur Messung des ELBE-Strahlverlustes wurden verschiedene Detektorsysteme auf der Basis von Photomultipliern, Compton-detektoren, Ionisationskammern entwickelt und am Strahl getestet. Als optimale Lösung für ein Strahlverlust-Interlock-System erwiesen sich lange Ionisationskammern (Heliax-Hochfrequenzkabel). Ein solches System wurde aufgebaut und erfolgreich erprobt. Für die Onlinebestimmung der Strahlage wurden Striplinemonitore und eine neuartige Ausleseelektronik entwickelt und getestet.

Mittlerweile werden ca. 20 Monitore einschließlich der zugehörigen Ausleseelektronik aufgebaut und zum Teil in die Strahlführung installiert.

- Heliumkälteanlage und Medientechnik

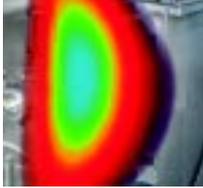
In Hauptverantwortung der ZSE wurde die Heliumkälteanlage erstmalig zur Durchflussversorgung eines Kryostaten eingesetzt. Dabei wurden einige Probleme in Bezug auf die angestrebten Parameter der Anlage sichtbar. In Zusammenarbeit mit der TU Dresden und dem Hersteller konnten eine Reihe von Verbesserungen erreicht werden. Zum Teil erhebliche Schwierigkeiten bezüglich der Stabilität der Anlage und Kryostatenversorgung während der ersten Messphase (April - Dezember 2001) konnten nach Wiederinbetriebnahme im September durch Veränderungen im Betriebsregime und durch optimierte Betriebsparameter fast vollständig überwunden werden. Dies war vor allem dadurch möglich, dass während der Betriebspause entsprechende Untersuchungen und Tests in enger Zusammenarbeit mit der TU Dresden durchgeführt und die Resultate zur Anwendung gebracht wurden. Außerdem wurden Prozeduren für den Betrieb und die Wartung erarbeitet und erprobt, die den Routinebetrieb erst ermöglicht haben. Durch eine enge Zusammenarbeit zwischen Erbauern von Infrastruktur- und Medientechnik im ELBE-Gebäude und ZSE konnte für eine Reihe von Anlagenkomponenten ein reibungsloser Übergang in die Verantwortung der zukünftigen Nutzer erreicht werden. Teile der Versorgungssysteme befinden sich bereits in der Zuständigkeit von ZSE.

- Strahlenschutz

Der Sicherheitsbericht zur Strahlungsquelle ELBE wurde für die Weiterleitung des Elektronenstrahls in die Strahlräume Kernphysik, Strahlungsphysik und FEL vervollständigt und bei der zuständigen Behörde mit dem Antrag auf Erweiterung des 20-MeV-Probetriebs eingereicht. Des Weiteren wurden 7 Mitarbeiter zu Strahlenschutzbeauftragten (SSB) qualifiziert und berufen.

- Supraleitende Foto-Hochfrequenzquelle (SRF-Gun)

Der zur Aufnahme des Gunresonators notwendige Kryostat wurde vollständig aufgebaut und erprobt. Im Herbst wurde der Treiberlaser in Betrieb genommen und die Präparation der fotoempfindlichen Kathoden erfolgreich durchgeführt. Zur Vorbereitung einer Strahlzeit zum Test dieser Quelle wurde ein Versuchsstand mit umfangreicher Strahl Diagnose, Experimentautomatisierung und diversen Softwaretools zur Auswertung der Messergebnisse aufgebaut. Von Januar bis Juni 2002 erfolgte die Inbetriebnahme der Gun-Testanlage und es konnten erste Strahlparameter gemessen werden. Dabei gelang es, im Februar 2002 den weltweit ersten Elektronenstrahl aus einer supraleitenden HF-Quelle zu extrahieren. Obwohl aufgrund technischer Randbedingungen am Testaufbau nicht alle physikalisch wichtigen Parameter dieser Quelle ermittelt werden konnten, waren die gewonnenen Daten und Betriebsparameter ausgesprochen vielversprechend. Ein Vortrag von Dr. Dietmar Janssen bei der 24. FEL-Konferenz in ARGONNE, USA, erzeugte eine hohe Resonanz auf die erreichten Ergebnisse. Die Arbeiten für die Entwicklung einer an ELBE einsetzbaren Quelle dieser Technologie soll nun im Rahmen eines BMBF-Förderprojektes durchgeführt werden. Dazu werden derzeit die entsprechenden Unterlagen erstellt. Um die Abhängigkeit der wesentlichen Charakteristika der Foto-Hochfrequenzquelle von der Anzahl ihrer Zellen zu untersuchen, wurden in Zusammenarbeit mit Kollegen vom BINR Novosibirsk die Bunchlänge einer 5 1/2-zelligen SRF-Gun numerisch optimiert und die Intensität der kohärenten Undulatorstrahlung berechnet. Dabei konnten



für Wellenlängen >100 µm Intensitäten im Wattbereich erzielt werden. Weiterhin wurde in Modellrechnungen das Prinzip eines Tuners für den Resonator einer 5½-zelligen SRF-Gun entwickelt. Mehrere Gastaufenthalte von Mitarbeitern vom BINR Novosibirsk und TJNAF, Newport News, trugen zur erfolgreichen Bearbeitung dieses Themas bei und belegen das große internationale Interesse an diesen Arbeiten.

### Zusammenarbeit mit externen Partnern

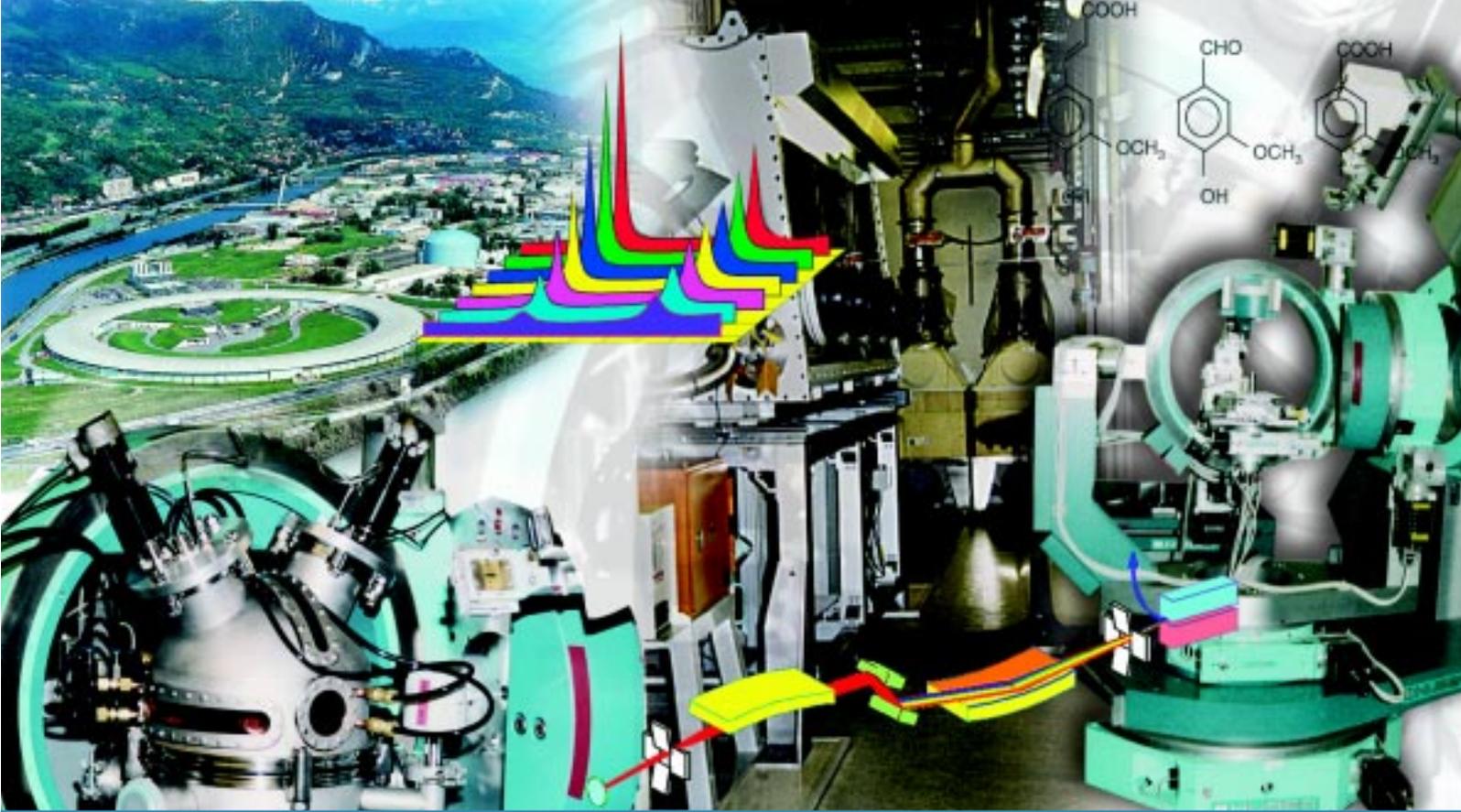
Die Entwicklungsarbeiten am ELBE-Beschleuniger und der Foto-HF-Quelle entstanden sowohl in enger Zusammenarbeit mit Partnern in Deutschland, wie DESY Hamburg, der TU Darmstadt und dem Max-Born-Institut Berlin, als auch mit ausländischen Kooperationspartnern, wie dem Stanford FEL-Center (CA, USA), dem TJNAF Newport News (VA, USA) und dem BINR (Novosibirsk, Russland).

### Statistischer Überblick 2001 / 2002

Mitarbeiter [Planstellen]											
Gesamt		16/16			Wissenschaftler			6/5			
Annexpersonal [Anzahl   Personenjahre]											
Postdoc	0/1	0/0,42	Doktoranden	1/1	0,13/0,38	Gastwissenschaftler	0/3	0/0,24	Hilfskräfte	6/6	0,58/0,71
Drittmittelfinanziertes Personal [Anzahl   Personenjahre]											
Wissenschaftler	0/1	0/1	Gastwissenschaftler	2/1	0,14/0,24	Technisches Personal	-	-	Stipendiaten	-	-
Geräteinvestitionen [TEUR]											
grundfinanziert		292/130			drittmittelfinanziert			-			
Wissenschaftliche Veröffentlichungen [Anzahl]											
Artikel (referiert)		2/1			Vorträge/Konferenzbeiträge/Poster			8/15			

Zentralabteilungsleiter: Dr. Peter Michel





## Projektgruppe ESRF-Beam-Line ROBL

### Zielstellung – ein Überblick

Die Projektgruppe betreibt an der Europäischen Synchrotronstrahlungsquelle (ESRF) in Grenoble ein eigenes Strahlrohr am Ablenkmagneten BM20 (ROBL-CRG). Die beiden alternativen Messplätze für

- radiochemische Untersuchungen mit Röntgenabsorptionsspektroskopie (RCH) und
- materialwissenschaftliche Untersuchungen mit Diffraktion und Reflektometrie (MRH)

werden vom FZR, Kooperationspartnern und externen Wissenschaftlergruppen genutzt.



## Wichtigste Ergebnisse

Im Berichtszeitraum 2001/2002 wurden etwa 9800 Stunden Strahlzeit für wissenschaftliche Experimente an den beiden ROBL-Messplätzen genutzt. Da es keine anlagentechnisch bedingten Messzeitausfälle gab, konnten alle 95 geplanten Experimente realisiert werden. Davon förderte die EU im Rahmen des Programms „Transnational Access to Major Research Infrastructures“ 18 Experimente externer Forschergruppen aufgrund einer wissenschaftlichen Begutachtung durch ein international besetztes Gremium. Damit nahm die Bedeutung von ROBL als eine europäische Großanlage auch im zweiten und dritten Jahr der EU-Förderung zu. Weitere 25 Experimente externer Nutzer der insgesamt 95 durchgeführten, hatte die ESRF entsprechend den Empfehlungen ihrer internationalen Gutachterkommission ausgewählt und finanziert. Damit betrug der Anteil der EU- und ESRF-Experimente, die von den in Grenoble arbeitenden Mitarbeitern betreut wurden, 36 Prozent der für wissenschaftliche Experimente aufgewendeten Strahlzeit.

Für die Erprobung, der an den technischen Systemen der Steuerung und Überwachung von Beamline-Optik und Messeinrichtungen vorgenommenen Verbesserungen, wurden circa 1100 Stunden Strahlzeit verwendet. Der Si(111)-Kristallbieger wurde erfolgreich in Betrieb genommen. Damit war es möglich, in Experimenten die Intensität des Synchrotronstrahls sagittal auf 0,4 Millimeter zu fokussieren und dadurch die Nachweisempfindlichkeit unter Ausnutzung der Gesamtphotonenzahl, der am Ablenkmagneten emittierten Synchrotronstrahlung zu erhöhen. Entwicklung und Erprobung eines speziellen Steuer- und Spektrenaufnahmeprogramms für schnelle EXAFS-Messungen (Quick-EXAFS) wurden erfolgreich abgeschlossen. Weitere Verbesserungen betrafen insbesondere die Steuer- und Messprogramme von MRH und RCH und die Inbetriebnahme eines linear-ortsempfindlichen Zählrohres, mit dem, aufgrund entfallender Scanbewegungen, die Zeitauflösung der Datenaufnahme um fast zwei Größenordnungen am Materialforschungsmessplatz bei der Untersuchung von Schicht-

wachstums- und Phasenänderungsprozessen erhöht werden konnte.

Die FZR-eigenen Experimente sind thematisch in die Forschungsprogramme des Instituts für Radiochemie und des Instituts für Ionenstrahlphysik und Materialforschung integriert. Die Transuranelemente Americium und Curium wurden bei ROBL erstmals untersucht und die Strukturparameter der Americium(III)- und Curium(III)-Aquoionen mittels EXAFS-Spektroskopie bestimmt. Die zum Abschluss gebrachten EXAFS-Untersuchungen an Neptunium(V)-Humaten verschiedener Huminsäuretypen zeigten, dass die Carboxylgruppen die Komplexierung mit dem Neptunium dominieren. In Zusammenarbeit mit dem Institut für Bioorganische und Radiopharmazeutische Chemie wurden EXAFS-Untersuchungen zu Technetium- und Rheniumverbindungen durchgeführt. Die im Jahr 2000 in Betrieb genommene Kammer zum In-situ-Abscheiden von magnetron-gesputterten Schichten wurde erstmals zur Untersuchung der Texturentwicklung von Titanitrid- und Chromitrid-Schichten eingesetzt. Dabei konnte der dominante zugrundeliegende Mechanismus als Rekristallisierung identifiziert werden. Bei der Abscheidung von Titanitrid-Kupfer-Nanokompositen wurde das zeitliche Strukturverhalten in Abhängigkeit der Depositionsparameter verfolgt und bei der Abscheidung von Gold-Clustern das dynamische Kornwachstum studiert.

Als Untersuchungsschwerpunkte seien genannt:

- Korrelation von Spannungsfeldern und Kristallisation bei der ionenstrahlgestützten Synthese von Siliziumkarbid
- Untersuchung von Halbleiter-Hetero- und selbst organisierten Quantenstrukturen
- Studium der Struktur und Grenzflächenmorphologie in GMR-Multischichten mit Reflektometrie
- Erforschung des Wachstums und der Texturentwicklung magnetron-gesputteter Nitrid-Filme sowie der Nanokomposite Titanitrid-Kupfer- und von Gold-Clustern
- Bestimmung der Temperaturstabilität einer durch Ionenstrahlimplantation erzeugten neuen Titanhydridphase

- EXAFS-Studien zur Wechselwirkung von Uran mit Mikroorganismen und Pflanzen
- EXAFS-Messungen am Americium(III) bei der Komplexierung mit Glykolsäure und bei der Sorption an Smectit
- EXAFS-Messungen am Americium(III) und Curium(III) zur Bestimmung ihrer Hydratkomplexe
- Strukturuntersuchungen zur Uran(VI)-Komplexierung mit alpha-substituierten Carbonsäuren
- EXAFS-Untersuchungen zur Komplexierung verschiedener Huminsäuretypen mit Neptunium und Plutonium
- Bestimmung von EXAFS-Strukturparametern zur Sorption von Uran(VI) an Mineraloberflächen (Goethit, Schwetmannit, Chlorit, Montmorillonit)

## Zusammenarbeit mit externen Partnern

Die ESRF war der Hauptpartner der Zusammenarbeit zur Verbesserung der Ausrüstung von ROBL. Wissenschaftliche Kooperationen wurden mit den folgenden Forschungseinrichtungen durchgeführt:

AMD Dresden; CENIMAT, Campus da FCT/UNL, Caparica/Portugal; Friedrich-Schiller-Universität Jena; Geoforschungszentrum Potsdam; TU Berlin; TU Chemnitz; TU Dresden; TU München; Hahn-Meitner-Institut Berlin; FZ Karlsruhe; Institut für Physik, Polnische AdW, Warschau/Polen; Institut für Elektronik, Bulgarische AdW, Sofia/Bulgarien; Institute of Electronic Materials & Technology ITME, Warschau/Polen; Institut für Metallphysik, Russische AdW, Ekaterinburg/Russland; PSI Villigen/Schweiz; Universität Aarhus/Dänemark; Johannes-Kepler-Universität Linz/Österreich; Nuclear Physics Institute, Tschechische AdW, Prag/Tschechische Republik; Universität des Saarlandes; Université Joseph Fourier, Grenoble/Frankreich; Université Louis Pasteur, Strasbourg/Frankreich; Katholieke Universiteit Leuven/Belgien; Institut de Recherches Subatomiques, Strasbourg/Frankreich; Limburgs Universitair Centrum, Diepenbeek/Belgien; Institut de Physique Nucléaire, Université Paris XI/Frankreich; Polytechnical University of



Catalonia, Barcelona/Spain; Commissariat à l'Énergie Atomique, Cadarache/France; Commissariat à l'Énergie Atomique, Valduc/France; University of Manchester, Centre of Radiochemistry Research/Great Britain.

### Statistischer Überblick 2001 / 2002

The project group consists of staff from the Institute for Radiochemistry, the Institute for Ion Beam Physics and Materials Research, and the Central Department of Research and Information Technology. Six staff members work in Grenoble at ROBL. The remaining staff members are usually only partially active in the project group. Scientific publications were produced internally at FZR as well as through external groups, so there is some overlap with the statistics of the above-mentioned institutes.

<b>Wissenschaftliche Veröffentlichungen (Anzahl)</b>			
Monografien/Beiträge zu Sammelwerken	0/1	Vorträge/Konferenzbeiträge/Poster	32/34
Artikel (referiert)	17/13	Diplomarbeiten	-
Artikel (nicht referiert)	2/1	Doktorarbeiten	1/1
Artikel im Eigenverlag	1/0	Patentanmeldung	-
<b>Wissenschaftliche Veranstaltungen (Anzahl)</b>			
Meetings/Workshops	1/0		

Projektgruppenleiter:  
 Dr. Wolfgang Matz (bis 08/2001)  
 Prof. Tobias Reich (bis 03/2002)  
 Dr. Norbert Schell (ab 04/2002)





## Projektgruppe ELBE-Quelle ELBE

### Zielstellung – ein Überblick<sup>1)</sup>

Die Projektgruppe verfolgt das Ziel, am Forschungsstandort Rossendorf einen supraleitenden 40-MeV-Elektronenbeschleuniger (ELBE) und mehrere Freie-Elektronen-Laser (FEL) für den Infrarotbereich aufzubauen. Für die Nutzung der FEL-Strahlung wird eine sogenannte „User Facility“ eingerichtet, sodass auch externen Wissenschaftlern die Möglichkeit geboten wird, diese einzigartige Strahlungsquelle für Forschungszwecke zu nutzen.

Des Weiteren wird der Elektronenstrahl für strahlungs- und kernphysikalische Untersuchungen verwendet werden; die Erzeugung von Neutronen für Materialuntersuchungen wird gemeinsam mit der TU Dresden durchgeführt. Außerdem gibt es ein Projekt zum Aufbau einer intensiven Positronen-Quelle an ELBE.

<sup>1)</sup>Da viele der nachfolgend genannten Aufgaben sowohl von der Projektgruppe ELBE als auch von der Zentralabteilung Strahlungsquelle ELBE durchgeführt werden, finden sich diese ebenfalls im Forschungsprogramm der Zentralabteilung. Es kommt somit zu einem bestimmten Überlappungsbereich, der aber durchaus der Struktur der am ELBE-Aufbau beteiligten Gruppen entspricht.



## Wichtigste Ergebnisse

- Messung der Strahleigenschaften  
Folgende Designparameter wurden erreicht:
  - Strahlenergie: 20 MeV
  - Strahlstrom: 850  $\mu$ A
  - Strahlemittanz: 8  $\pi$ mm
  - Bunchlänge: 2 ps
  - Energieunschärfe: 40 keV
- Beschleuniger, Strahlführung allgemein
  - Revision und Optimierung der Helium-Verflüssigeranlage
  - Umbauten und Erweiterungen im Gebäude, in den Nutzerlaboren und an den Hilfseinrichtungen (u.a. Durchbrüche für die Beamlines zu den Experimentierräumen und für den Einbau von zwei 50 kW-Beamdumps)
  - Abschluss der Optimierung des Injektors
  - Untersuchungen am Gun-Versuchsstand zur Emittanzverbesserung durch Einsatz alternativer Kathoden-Gitter-Anordnungen
  - Inbetriebnahme und Optimierung der Betriebsparameter des ersten Beschleunigermoduls LA1
  - Entwicklung, Fertigung und Erprobung verschiedener Strahldiagnostik-Komponenten, bes. Beamposition- und Beamloss-Monitore
  - Aufbau der Beamlines im Beschleunigerraum mit den Anschlüssen für Kernspektroskopie, Strahlungsphysik, FEL und Neutronenphysik
  - Optimierung des Maschinen-Sicherheitssystems, spez. Beamloss-Monitore
  - Inbetriebnahme und Testbetrieb der Strahlführung bis zum Kernspektroskopie-Beamdump mit max. 20 MeV
  - Konzeption und Aufbau eines ortsempfindlichen Strahlverlust-Monitor-systems
  - Aufbau und Erprobung eines Stripline-Positions-Monitor-systems
  - Aufbau des optimierten zweiten Beschleuniger-Moduls
- Beamline für Kernspektroskopie-Experimente
  - Aufbau der gesamten Beamline incl. 50-kW-Beamdump mit Sekundärkühlung
  - Einsatz von unterschiedlichen Radiatoren

- Fertigung und Einbau eines Kollimators incl. Beamshutter
- Inbetriebnahme, Erprobung und Optimierung der Beamline zum Bremsstrahlungsradiator
- Beamline für Strahlungsphysik-Experimente
  - Fertigung der Strahlführungselemente
  - Montage der Beamline incl. 50-kW-Beamdump mit Sekundärkühlung
- Beamline für Neutronenlabor
  - Konzipierung der Strahlführung unter der Option des Einbaus eines Positronentargets
- FEL U27 und U50
  - Aufbau des optischen Resonators des U27
  - Simulationsrechnungen zur Modenausbreitung und zur erreichbaren Verstärkung im U50 unter Einbeziehung eines Waveguides
  - Konzipierung und Konstruktion des optischen Resonators des U50, Vorversuche
  - Fertigung der optischen Beamline vom U27 ins Diagnoselabor
  - Aufbau und Test der Elektronenstrahl-diagnose sowie der Diagnose des Infrarotstrahles
  - Konzipierung und Konstruktion der optischen Beamline vom U50 ins Diagnoselabor
  - Konzipierung und Konstruktion der optischen Beamline in die Nutzerlabors
- Steuerung, Leitsystem
  - Kontinuierliche Erweiterung der Steuerung für die hinzukommenden Strahlführungselemente
  - Weiterentwicklung der schnellen Datenerfassung, bes. für die Strahldiagnose
  - Erstellung und Erprobung von Auswertesoftware zur routinemäßigen Bestimmung von Strahl- und Betriebsparametern
  - Umstellung des Leitsystems auf eine neue Betriebssystemversion sowie auf eine neue Version des WinCC-Systems
  - Erhöhung der Systemsicherheit durch Inbetriebnahme eines redundanten WinCC-Servers
  - Weiterentwicklung der Datenbank für das Leitsystem

- Interlock, Strahlenschutz
  - Interlocksystem wurde durch Einbeziehung aller Experimentierräume erweitert
  - behördliche Genehmigung für den Testbetrieb des Kernspektroskopie-Strahlrohres erfolgte Anfang September
  - Erarbeitung der Genehmigungsunterlagen für die Strahlführung in den Strahlungsphysik-Experimentierraum

## Zusammenarbeit mit externen Partnern

Zu den wichtigsten Kooperationspartnern zählen das Institut für Kernphysik der Universität Darmstadt, das TESLA-Projekt bei DESY Hamburg, das Hansen Experimental Physics Laboratory (HEPL) der Universität Stanford (Kalifornien, USA), das Thomas Jefferson National Accelerator Facility (TJNAF) Newport News (Virginia, USA), das Institut für Kernphysik der Universität Mainz, das Physikalische und das Geodätische Institut der Universität Bonn sowie der Fachbereich Physik der Universität Dortmund.



## Statistischer Überblick 2001 / 2002

Geräteinvestitionen [TEUR]			
grundfinanziert	1.164/954	drittmittelfinanziert	-
Wissenschaftliche Veröffentlichungen [Anzahl]			
Monografien / Beitr. zu Sammelwerken	-	Vorträge/Konferenzbeiträge/Poster	5/8
Artikel (referiert)	1/0	Diplomarbeiten	-
Artikel (nicht referiert)	-	Doktorarbeiten	1/0
Artikel im Eigenverlag	2/0	Patentanmeldungen	2/0

Projektgruppenleiter: Dr. Frank Gabriel





## Projektgruppe Hochfeldlabor HLD

### Zielstellung – ein Überblick

In Erkenntnis des Defizits bei der Verfügbarkeit sehr hoher Magnetfelder, insbesondere für die physikalische Forschung, haben sich Ende 1997 das Forschungszentrum Rossendorf sowie vier Dresdner Partnerinstitute (s. u.) in einem Konsortium zusammengeschlossen und unter Federführung des FZR den „Vorschlag zur Errichtung eines Labors für gepulste, sehr hohe Magnetfelder“ erarbeitet. Dieser Vorschlag wurde den Zuwendungsgebern erstmals im Jahre 1999 zur Kenntnis gegeben und ist im Januar 2002 von einer Gutachtergruppe des Wissenschaftsrats begutachtet worden. Der Wissenschaftsrat hat am 12. Juli 2002 seine Empfehlung bekannt gegeben, dass dieser Vorschlag „ohne Vorbehalt für förderungswürdig“ betrachtet wird.

Die Partner des Konsortiums hatten sich frühzeitig darauf geeinigt, dass das Labor auf dem Gelände des Forschungs-

zentrums Rossendorf in unmittelbarer Nähe der Strahlungsquelle ELBE errichtet werden soll. Hierdurch soll die Möglichkeit eröffnet werden, den Infrarotstrahl der Freie-Elektronen-Laser der Strahlungsquelle ELBE in das Hochfeldlabor zu leiten und dadurch weltweit einzigartige Hochfeld-Infrarot-Spektroskopie-Experimente zu ermöglichen. Der Dresdner Vorschlag sieht vor, für externe und interne Nutzer gepulste Magnetfelder mit folgenden Werten anzubieten:

- 60 T / Pulsdauer 1000 ms / Bohrung 50 mm
- 70 T / Pulsdauer 100 - 200 ms / Bohrung 24 mm
- 100 T / Pulsdauer 10 - 20 ms / Bohrung 20 mm

Die Spulen sollen aus einer neu zu entwickelnden 50 MJ/24 kV-Kondensatoranlage gespeist werden.



### Wichtige Arbeiten und Ergebnisse

Die Arbeiten im Jahre 2002 und die dabei erzielten Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen.

Es wurden die Computersimulationen für den Aufbau und die Funktion von gepulsten Hochfeldspulen fortgesetzt und ein neues Aufbauprinzip für derartige Spulen entwickelt. Dieses Prinzip beruht im Wesentlichen darauf, dass auf die Spulen axial und radial mechanische Kräfte aufgeübt werden, die einstellbar sind.

An der im gemeinsam aufgebauten Hochfeld-Testlabor des IFW Dresden betriebenen 1 MJ/10 kV-Stromversorgung wurden weitere Verbesserungen vorgenommen. Im Testlabor wurden zwischenzeitlich Pulsfelder bis zu 52 T/20 ms erreicht. An der Anlage wurden zahlreiche Experimente im Bereich des Magnetismus sowie der Supraleitung durchgeführt. Diese Experimente wurden insbesondere von Mitgliedern der Kooperationspartner IFW und TUD vorgenommen.

Im FZR wurden die Vorbereitungen und die Analyse eines weiteren Stromversorgungs-Testmoduls mit 1,44 MJ/24 kV durchgeführt. Dieser Modul soll im Jahre 2003 im FZR aufgebaut und getestet werden. Daneben wurden weitere Über-

legungen und Festlegungen für die 50 MJ/24 kV-Stromversorgung des Hochfeldlabors getroffen. Hierzu fanden auch intensive Beratungen mit der Industrie statt.

In Gesprächen und Verhandlungen mit der beauftragten Planungsfirma wurden die Planungen für das Gebäude des Hochfeldlabors sowie seine technische Infrastruktur abgeschlossen. Der Bauantrag konnte noch vor Jahresende gestellt werden, sodass mit dem Baubeginn im Frühjahr/Sommer 2003 zu rechnen ist. Bei den Planungen spielten auch Sicherheitsaspekte eine bedeutende Rolle.

Im IFW wurden die Arbeiten zur Entwicklung der für die Hochfeldspulen notwendigen hochfesten, gut leitfähigen elektrischen Leiter fortgeführt. Dabei konzentrieren sich die Arbeiten auf Mikrokomposite aus Kupfer mit Ausscheidungen aus Silber sowie aus Makrokompositen aus Kupfer in einer Stahlummantelung. Bei den Entwicklungen konnten Festigkeitswerte erreicht werden, die über den bisher in der Literatur zu findenden Werten liegen.

Im Juni 2002 wurde im FZR ein zweitägiger internationaler Workshop durchgeführt, der sich mit allen wesentlichen

technologischen Fragen des Aufbaus und Betriebs eines international führenden Hochfeld-Pulslabors befasste. Die Kenntnisse der Dresdner Beteiligten am Hochfeldprojekt konnten durch Besuche weiterer führender Hochfeldexperten weiter vertieft werden.

### Zusammenarbeit mit externen Partnern

Die wichtigsten externen Partner sind die vier weiteren Mitglieder im Dresdner Hochfeld-Konsortium: das Institut für angewandte Physik der TU Dresden, das Max-Planck-Institut für Chemische Physik fester Stoffe Dresden, das Max-Planck-Institut für Physik komplexer Systeme Dresden sowie insbesondere das Leibniz-Institut für Festkörperphysik und Werkstoffforschung Dresden.

Darüber hinaus bestehen Kooperationsverträge mit dem führenden amerikanischen Hochfeldlabor, dem National Laboratory for High Magnetic Fields, Tallahassee/Los Alamos, sowie den beiden führenden europäischen Pulsfeldlaboren, dem Laboratoire National des Champs Magnetique Pulses Toulouse und dem High Field Magnet Laboratory, University of Nijmegen.

### Statistischer Überblick 2002

Mitarbeiter [Planstellen]*									
Gesamt		1,2			Wissenschaftler			1,2	
Grundfinanziertes Projektpersonal									
Wissenschaftler		1	Techniker		1				
Finanzmittel [TEUR]									
256									
Wissenschaftliche Veranstaltungen [Anzahl]									
Workshop		1							

\* Zusätzlich arbeiten 0,8 Wissenschaftler sowie 0,6 technische Angestellte der Zentralabteilung Forschungs- und Informationstechnik in der Projektgruppe mit.

Projektgruppenleiter: Prof. Frank Pobell



## Administrative und technische Infrastruktur

Die administrative und technische Infrastruktur des Forschungszentrums Rossendorf umfasst die Bereiche Finanz- und Rechnungswesen, Personal- und Sozialwesen, Recht, Patente, Liegenschaften, Einkauf und Materialwirtschaft, Allgemeine Dienste, Betriebsorganisation, die Projektträgerschaft Energie und Umwelt sowie die Technische Infrastruktur. Durch die kontinuierliche administrative, juristische und technische Begleitung der wissenschaftlichen Projekte sichern diese Abteilungen die Rahmenbedingungen für den Erfolg des Forschungszentrums Rossendorf.

2001/2002 beschäftigte das FZR 419,5/419 Personen auf grundfinanzierten Planstellen, davon 19 mit kW-Vermerken. Daneben wurden 29/30 Doktoranden und 20/20 Postdoktoranden aus Annex-, HSP III- und Drittmitteln beschäftigt. Es bestanden Arbeitsverträge mit weiteren 97/91 Mitarbeitern in Drittmittelprojekten. 24/24 Azubis in 10 Ausbildungsberufen befanden sich in der aus Annex-Mitteln finanzierten Ausbildung. Weitere 4/4 Azubis wurden über von Dritten bereitgestellte Mittel ausgebildet. Im Berichtszeitraum haben 9/11 Mitarbeiter

promoviert, 12/7 Azubis beendeten ihre Ausbildung mit guten und sehr guten Ergebnissen.

Das FZR verfügte 2001/2002 über ein Finanzvolumen von insgesamt 53/57 Mio. Euro. Neben den Mitteln aus der Grundfinanzierung (45,5/48,8 Mio. Euro), die jeweils zur Hälfte durch den Bund und die Länder, vor allem dem Freistaat Sachsen, bereitgestellt wurden, konnten 7,1/8,1 Mio. Euro aus zusätzlichen Förderprojekten und Drittmittelverträgen nationaler und internationaler Einrichtungen sowie der Industrie eingeworben werden. 0,63/0,28 Mio. Euro wurden aus Sondermitteln bestritten.

Die Abteilung Technische Dienste hat 2002 in Zusammenarbeit mit Ingenieurbüros detaillierte Analysen zu Potenzialen der Betriebskostensenkung für das FZR erarbeitet. Diese bilden die Grundlage für Prioritätensetzungen bei den Sanierungsarbeiten der nächsten 5 Jahre.

Die Gruppe Investitionen betreute zahlreiche Baumaßnahmen im Umfang von insgesamt 14,7 Mio. DM im Jahre 2001 und von 5,4 Mio. Euro im Jahre 2002 zur Sanierung von Gebäuden und der



technischen Infrastruktur. Es wurden vor allem Laboratorien modernisiert sowie 4 Seminarräume nach modernsten Gesichtspunkten umgebaut. Das Bürogebäude (97b) des Institutes für Ionenstrahlphysik und Materialforschung wurde 2002 komplett saniert und den Wissenschaftlern zur Nutzung übergeben. Mit mehreren größeren Investitionsvorhaben wurden Voraussetzungen für neue Forschungsarbeiten im FZR geschaffen: Die Sanierungs- und Umbauarbeiten im Gebäude 68 wurden abgeschlossen und das Gebäude dem Institut für Sicherheitsforschung für den Aufbau und Betrieb der Thermohydraulikversuchsanlage TOPFLOW übergeben. Im wichtigsten Investitionsvorhaben, der Strahlungsquelle ELBE, wurden umfangreiche Arbeiten zur Erweiterung der technologischen Ausrüstung, insbesondere für die Strahlführung und die optischen Labors, durchgeführt. Für das Projekt „Neubau Hochfeldlabor Dresden“ wurden die Genehmigungsplanung erarbeitet und der Oberfinanzdirektion Chemnitz zur Prüfung übergeben.

Die Gruppe Betriebsdienst hat im Berichtszeitraum neben dem Unterhalt der Gebäude und Anlagen umfangreiche Maßnahmen mit dem Ziel der Einsparung von Heizenergie realisiert (z.B. Einbau moderner Wärmeübergabestationen, programmierte Temperaturabsenkung außerhalb der Arbeitszeiten). In Verantwortung der Gruppe wurden 2002 die Hauptarbeiten zum Abschluss der „Betrieblichen Deponie Rossendorf“ gemäß Auflagen der Umweltbehörden realisiert.

Die Abteilung Kommunikation und Datenverarbeitung hat im Bereich der IT-Sicherheit und des Datenschutzes folgen-

de wichtige Maßnahmen realisiert: Auf dem zentralen Mail-Server wurde ein Virenscreening eingeführt, eine neue Firewall wurde im Verwaltungsgebäude 4a installiert und die Funktionalitätserweiterung des Standort-Eingangsrouters zum Router-Firewall wurde realisiert. An den zentralen Servern sind 850 Nutzer registriert, 450 davon nutzen zentrale Dienste. Vier zentrale Windows-2000-Server wurden im Jahre 2001 installiert und eingerichtet, die dazugehörigen DNS/WINS-Strukturen und das Active Directory Schema entwickelt und implementiert. Zum Ende des Jahres 2002 ist der überwiegende Teil der PCs des FZR auf das Betriebssystem WINDOWS 2000 umgestellt. Die verfügbare Rechenleistung erhöhte sich 2001 durch die Installation eines Linux-Hochleistungsrechen-Clusters von 8 auf 20 Gflops. Eine neuer zentraler Fileserver, als zentrale Speicherlösung für das gesamte FZR wurde 2002 konzipiert und in Betrieb gesetzt. Er bietet Speicherkapazität von ca. 1,7 TByte mit einem schnellen Zugriff über GigaBit Ethernet und Fibre-Channel Platten. Diese Lösung ermöglicht u.a. die zentrale Verwaltung aller Nutzerdaten des FZR sowie die zugehörige Archivierung und Backup.

Das Datennetz des FZR wurde planmäßig in den Gebäuden erneuert, die baulich saniert wurden. Darüber hinaus wurden die Arbeitsräume des Institutes für Sicherheitsforschung im Gebäude 5 mit Lichtwellenleitern verkabelt, um Datenraten von 100 Gbit direkt bis zum Arbeitsplatz zu gewährleisten.

Die Beratung und Unterstützung aller Organisationseinheiten zu einer breiten Palette von Problemen der Gestaltung von Verträgen, ihrer Durchführung und Kon-

trolle sowie die Betreuung des Patentwesens bildeten Schwerpunkte der Arbeit im rechtlichen Bereich. Im Berichtszeitraum sind 2 Mitarbeiterausgründungen auf der Grundlage von Miet-, Mitnutzungs- und Lizenzverträgen erfolgreich vollzogen worden. Es sind 27 Arbeitnehmererfindungsmeldungen eingegangen, 16 Anmeldungen beim Deutschen Patent- und Markenamt sowie 6 Anmeldungen beim Europäischen Patentamt und 6 internationale Anmeldungen vorgenommen worden. Zudem sind 13 nationale Nachmeldungen bezüglich zwei aus der europäischen Anmeldephase kommender Erfindungen zu verzeichnen.

Die feste Einbindung des FZR in nationale und internationale Wissenschaftskooperationen wird nicht nur an den beiden vom FZR betriebenen und von der Europäischen Union geförderten „Large Scale Facilities“ (Ionenstrahlanwendungen „AIM“ und Rossendorfer Synchrotron-Beamline „ROBL“ an der ESRF Grenoble) sowie den zahlreichen Projekten, zu denen Rossendorfer Forscher wissenschaftliche und technische Beiträge leisten, deutlich, sondern auch an der hohen Zahl von über 400 Gastwissenschaftlern aus mehr als 20 Ländern, die am Forschungszentrum wissenschaftliche Arbeiten durchführten.

Auch im administrativen Bereich bestehen zahlreiche internationale Kontakte. So hospitierten in der Administration des FZR zwei Mitarbeiterinnen aus dem vietnamesischen Ministerium Wissenschaft und Technologie. Eine Delegation aus dem vietnamesischen Wissenschaftsministerium tauschte sich im FZR zu Fragen des Personalmanagements aus.