



Stellungnahme zum  
Forschungszentrum  
Dresden-Rossendorf e.V.  
(FZD)



## **Wissenschaftspolitische Stellungnahme zum Forschungszentrum Dresden-Rossendorf (FZD)**

<u>Inhalt</u>	<u>Seite</u>
Vorbemerkung .....	5
A. Kenngrößen.....	7
B. Auftrag.....	8
C. Forschungsleistungen .....	8
D. Organisation, Struktur und Ausstattung.....	9
E. Stellungnahme und Förderempfehlung .....	10
Anlage:   Bewertungsbericht zum Forschungszentrum Dresden-Rossendorf (FZD) .....	11



## **Vorbemerkung**

Der Freistaat Sachsen hat den Wissenschaftsrat im Juli 2006 gebeten, das Forschungszentrum Dresden-Rossendorf e.V. (FZD) zu evaluieren und zu prüfen, ob die derzeitige Form der Förderung als Forschungseinrichtung in der Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz (WGL) angemessen ist. Das FZD gehört seit 1992 zu den Forschungseinrichtungen in der WGL. Bei diesen Einrichtungen handelt es sich um selbstständige Forschungseinrichtungen, Trägerorganisationen oder Serviceeinrichtungen für die Forschung von überregionaler Bedeutung und gesamtstaatlichem wissenschaftspolitischen Interesse, die auf der Grundlage der Rahmenvereinbarung Forschungsförderung von Bund und Ländern nach Artikel 91b des Grundgesetzes gefördert werden.

In seinen Sitzungen vom Januar 2007 hat der Wissenschaftsrat eine entsprechende Bewertungsgruppe eingesetzt. In dieser Bewertungsgruppe haben auch Sachverständige mitgewirkt, die nicht Mitglieder des Wissenschaftsrates sind. Ihnen ist der Wissenschaftsrat zu besonderem Dank verpflichtet.

Die Bewertungsgruppe hat das Forschungszentrum vom 26. bis 28. November 2007 besucht und auf der Grundlage dieses Besuchs sowie der von dem Zentrum vorgelegten Informationen einen Bewertungsbericht verfasst. Nach Verabschiedung durch die Bewertungsgruppe ist der Bewertungsbericht im weiteren Verfahren nicht mehr veränderbar.

Der Evaluationsausschuss des Wissenschaftsrates hat auf der Grundlage dieses Bewertungsberichts am 29. Mai 2008 die wissenschaftspolitische Stellungnahme erarbeitet.

Der Wissenschaftsrat hat die Stellungnahme am 4. Juli 2008 verabschiedet.



## **A. Kenngrößen**

Das Forschungszentrum Dresden-Rossendorf e.V. (FZD) ist aus dem Zentralinstitut für Kernforschung Rossendorf, einem Institut der Akademie der Wissenschaften der DDR, hervorgegangen. Es wurde im Januar 1992 als Institut der Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz (WGL) gegründet. Die Organe des Vereins sind der Vorstand, die Mitgliederversammlung, das Kuratorium und der Wissenschaftliche Beirat.

Als Institut der WGL erhält das FZD seine Zuwendungen jeweils hälftig vom Bund und von den Ländern. Diese betragen im Jahr 2005 insgesamt 54,472 Mio. Euro (Ist), davon 33,889 Mio. Euro für den Betrieb und 20,583 Mio. Euro für Investitionen. Von den Zuwendungen für Investitionen entfielen 6,296 Mio. Euro auf den Aufbau des Hochfeld-Magnetlabors Dresden, 6,761 Mio. Euro auf das Forschungs- und Entwicklungsprogramm, 2,678 Mio. Euro auf die Infrastruktur und 4,848 Mio. Euro auf Bau und Sanierung am Standort.

Das FZD hat in 2006 10,38 Mio. Euro Drittmittel eingeworben. Die Drittmittel des Jahres 2006 stammen zu 43,6 % vom Bund, zu 24,3 % aus der Wirtschaft, zu 23,0 % von der Europäischen Union, zu 7,1 % von der Deutschen Forschungsgemeinschaft, zu 1,8 % von Landes- bzw. Länderseite und zu 0,2 % von Sonstigen.

Im Jahr 2007 (Stand 31.3.2007) hatte das FZD insgesamt 649 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter (Köpfe), davon 239 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler (219 im wissenschaftlichen Bereich und 20 in den Zentralabteilungen „Technischer Service“ und „Verwaltung“ sowie im Stab), 79 Doktorandinnen und Doktoranden und 331 nichtwissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter.

Der Stellenplan weist insgesamt 399,0 Stellen aus, 131,0 für wissenschaftliches Personal (davon sind 130,1 besetzt) und 268,0 Stellen für nichtwissenschaftliches Personal (davon sind 263,03 besetzt). Weiterhin verfügt das FZD über institutionelle Personalmittel unabhängig vom Stellenplan (Annexstellen), aus denen 2007 weitere 47,6 Mitarbeiter (Vollzeitäquivalente) finanziert wurden. Aus Drittmitteln wurden 88,4 vollzeitäquivalente Beschäftigungsverhältnisse finanziert, 94 % davon zeitlich befristet.

## **B. Auftrag**

Aufgabe des FZD ist laut Satzung, „im Interesse der Allgemeinheit Grundlagenforschung sowie anwendungsorientierte Forschung und Entwicklung vorwiegend auf den Gebieten der Naturwissenschaft und Technik zu betreiben sowie die Fortbildung des wissenschaftlichen und technischen Nachwuchses zu fördern. Diese Aufgabe umfasst auch die Nutzbarmachung von gewonnenen Kenntnissen und Erfahrungen durch Übertragung an Unternehmen der Wirtschaft, Einrichtungen der öffentlichen Hand und die enge Zusammenarbeit mit Universitäten und Hochschulen sowie die sachverständige Beratung zuständiger Stellen in der Bundesrepublik Deutschland (...). Weiter umfasst diese Aufgabe den Betrieb der dazu erforderlichen Anlagen.“

## **C. Forschungsleistungen**

Das FZD erbringt im Rahmen seiner übergreifenden Programme zur „Struktur der Materie“, zu den „Lebenswissenschaften“ sowie zur „Umwelt und Sicherheit“ insgesamt sehr gute Forschungsleistungen. Es ist national und international hoch angesehen und als Kooperationspartner, auch im Hinblick auf eine Nutzung seiner Großgeräte, viel gefragt. Die erfolgreiche Arbeit wird in einer insgesamt sehr guten Drittmittelinwerbung sowie beeindruckenden Publikationsleistungen dokumentiert.

Für ihre Forschung benötigen die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des FZD den raschen Zugriff auf wissenschaftliche Großgeräte. In den letzten Jahren ist es gelungen, zusätzlich drei Großgeräteeinrichtungen zu entwickeln und zu installieren, die national und teilweise auch international singulär sind. Damit hat das FZD seit der Evaluation durch den Wissenschaftsrat im Jahr 2000 sein wissenschaftliches Profil gezielt in Richtung einer Großforschungseinrichtung entwickelt. Die Zahl der Großgeräte im FZD, die in erheblichem Umfang extern genutzt werden, beläuft sich auf sechs und umfasst

- die Strahlungsquelle ELBE (Elektronen Linearbeschleuniger für Strahlen hoher Brillanz und niedriger Emittanz),
- das Hochfeld-Magnetlabor Dresden,
- das Ionenstrahlzentrum,
- die Rossendorf Beamline ROBL an der ESRF (European Synchrotron Radiation Facility) in Grenoble,



- das PET (Positronen-Emissions-Tomographie)-Zentrum und
- das TOPFLOW (Transient Two Phase Flow Test Facility).

Die Großgeräte ermöglichen dem FZD die Bearbeitung langfristiger Themen hoher Komplexität, die von der Grundlagenforschung über angewandte Forschung bis hin zum Technologietransfer reichen.

Künftig will sich das FZD auf die Programme

- „Materialforschung“ (jetziges Programm „Struktur der Materie“),
- „Krebsforschung“ (jetziges Programm „Lebenswissenschaften“) und
- „Sicherheitsforschung“ (jetziges Programm „Umwelt und Sicherheit“)

konzentrieren. Dafür sollen bis 2010 mehrere FE-Vorhaben beendet und weitere inhaltlich neu ausgestaltet werden, so dass sich das Forschungsprogramm noch stärker in Richtung Vorsorge- und Materialforschung fokussiert.

Für eine detaillierte Beschreibung und Bewertung der einzelnen Programme, Programmbereich und FE-Vorhaben wird auf den Bewertungsbericht verwiesen.

#### **D. Organisation, Struktur und Ausstattung**

Das FZD wird von seinem Wissenschaftlichen Direktor sehr engagiert und effizient geleitet. Er hat die Entwicklung des wissenschaftlichen Profils des Forschungszentrums hin zum Typus einer Großforschungseinrichtung seit seinem Amtsantritt im April 2006 energisch vorangetrieben.

Der Wissenschaftliche Beirat nimmt seine Aufgaben sehr kritisch und konstruktiv wahr und fördert und unterstützt das FZD und seinen Direktor erfolgreich. Der hohe wissenschaftliche Output des FZD ist nicht zuletzt der Unterstützung durch den Wissenschaftlichen Beirat zu verdanken.

Die Institute des FZD führen ihre Forschung in hohem Maße eigenverantwortlich und kooperativ durch. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sind hoch motiviert. Insgesamt ist die Größe der einzelnen Arbeitsgruppen ihren Aufgaben entsprechend angemessen. Die Anzahl der drittmittelfinanzierten wissenschaftlichen Beschäftigungsverhältnisse beträgt im Mittel aller sechs Institute 32 %. Damit wird personelle Flexibilität

gewährleistet. Gleichzeitig muss sichergestellt werden, dass zentrale Aufgaben im erforderlichen Umfang durch grundfinanziertes, dauerhaft beschäftigtes Personal wahrgenommen werden.

## **E. Stellungnahme und Förderempfehlung**

Die wissenschaftliche Leistungsfähigkeit des FZD ist sehr gut und sollte vom Bund und den Ländern weiterhin gemeinsam finanziert werden.

Das FZD ist ein sehr dynamisch sich entwickelndes Forschungszentrum mit hoch motivierten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern und einem starken Leiter. Seit der letzten Begutachtung durch den Wissenschaftsrat hat das Zentrum sein wissenschaftliches Profil, insbesondere aufgrund seiner apparativen Ausstattung, in Richtung einer Großforschungseinrichtung ausgebaut. Mit diesen Geräten bearbeitet das FZD Themen, die von der Grundlagenforschung bis hin zu angewandter Forschung und Technologietransfer reichen, und stellt die dafür notwendige Infrastruktur zur Verfügung. Aufgrund dieser Umstrukturierung hat das FZD eine Entwicklung genommen, die eher in das Profil eines Helmholtz-Zentrums passt. Der Wissenschaftsrat empfiehlt deswegen einen Wechsel des FZD von der Leibniz-Gemeinschaft in die Helmholtz-Gemeinschaft.

Sollte die mit dem Wechsel verbundene Änderung der Bund-Länder-Finanzierung nicht sofort umsetzbar sein, bittet der Wissenschaftsrat den Bund und den Freistaat Sachsen, für eine angemessene Zeitspanne eine gleitende Übergangsregelung zu finden.

Der Wissenschaftsrat geht davon aus, dass der Freistaat Sachsen die bei einem möglichen Wechsel freiwerdenden Mittel in Höhe von ca. 20 Mio. Euro für die Forschung einsetzt.

## Anlage

### Bewertungsbericht zum Forschungszentrum Dresden-Rossendorf (FZD)

<u>Inhalt</u>	<u>Seite</u>
Vorbemerkung .....	13
A. Darstellung .....	14
A.I. Entwicklung und Aufgabe .....	14
A.II. Arbeitsschwerpunkte und Großgeräte .....	15
A.III. Arbeitsweise .....	32
A.IV. Organisation und Ausstattung .....	37
A.V. Veröffentlichungen, Tagungen, Patente und Ausgründungen .....	43
A.VI. Kooperationen, Beteiligung an der Lehre und Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses .....	45
A.VII. Künftige Entwicklung .....	48
B. Bewertung .....	51
B.I. Zur wissenschaftlichen Bedeutung .....	51
B.II. Zu den Arbeitsschwerpunkten .....	52
II.1. Programm „Struktur der Materie“ .....	52
II.2. Programm „Lebenswissenschaften“ .....	58
II.3. Programm „Umwelt und Sicherheit“ .....	60
II.4. Zum künftigen Arbeitsprogramm .....	64
B.III. Zur Organisation und Ausstattung .....	66
B.IV. Zu den Veröffentlichungen und Tagungen .....	68
B.V. Zu den Kooperationen und zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses .....	69
B.VI. Zur Umsetzung früherer Empfehlungen des Wissenschaftsrates .....	71
B.VII. Zusammenfassung .....	76
Anhang 1-5 .....	77



### **Vorbemerkung**

Der vorliegende Bewertungsbericht zum Forschungszentrum Dresden-Rossendorf ist in zwei Teile gegliedert. Der darstellende Teil ist mit dem Forschungszentrum abschließend auf die richtige Wiedergabe der Fakten abgestimmt worden. Der Bewertungsteil gibt die Einschätzung der wissenschaftlichen Leistungen, Strukturen und Organisationsmerkmale wieder.

## A. Darstellung

### A.I. Entwicklung und Aufgabe

Das Forschungszentrum Dresden-Rossendorf e.V. (FZD) ist aus dem Zentralinstitut für Kernforschung (ZfK) Rossendorf bei Dresden hervorgegangen, einem Institut der Akademie der Wissenschaften der DDR. Der Gründung des FZD war eine Begutachtung des ZfK durch den Wissenschaftsrat im Dezember 1990 vorausgegangen. In seiner Stellungnahme empfahl der Wissenschaftsrat<sup>1</sup>, „in Rossendorf ein Institut der Blauen Liste zu gründen, das die als tragfähig beurteilten Arbeitsgebiete aufnimmt“. Zum 1. Januar 1992 nahm das FZD mit seinerzeit insgesamt 445 Planstellen seine Arbeit als eine für die Dauer von zwei Jahren gemeinsam vom Bund und den Ländern finanzierte außeruniversitäre Einrichtung auf. Diese Vereinbarung wurde im September 1993 um maximal zwei Jahre verlängert.

Auf Bitten des Freistaats Sachsen hat der Wissenschaftsrat 1994 zu einem vom FZD erarbeiteten Konzept zur Weiterführung in der WGL Stellung genommen<sup>2</sup>. Er empfahl, die gemeinsame Förderung auf der bisherigen Grundlage fortzuführen. Eine Überführung in eine Großforschungseinrichtung konnte zum damaligen Zeitpunkt nicht empfohlen werden, da das FZD die dafür notwendigen Kriterien<sup>3</sup> nicht erfüllte.

Weiterhin hat der Wissenschaftsrat 1996<sup>4</sup> im Rahmen einer Stellungnahme zur außeruniversitären Materialwissenschaft und 2000<sup>5</sup> im Zuge der Evaluierung aller Blaue-Liste-Einrichtungen zum FZD Stellung genommen. In der zuletzt genannten Stellungnahme gelangte der Wissenschaftsrat zu der Auffassung, dass aus den bestehenden Strukturen und Aufgabenstellungen nicht unmittelbar abzuleiten sei, welche Förderungsform für das FZD künftig angemessen und geboten wäre. Das Forschungszentrum erfülle einige Kriterien für eine Großforschungseinrichtung. Es solle ihm aber Gelegenheit gegeben werden, sein wissenschaftliches Profil vollständig auszubilden und entsprechende Strukturen zu entwickeln. Der Wissenschaftsrat empfahl damals die Weiterförderung des FZD als Forschungseinrichtung der WGL,

---

1 Wissenschaftsrat: Stellungnahmen zu den außeruniversitären Forschungseinrichtungen der ehemaligen Akademie der Wissenschaften der DDR auf dem Gebiet der Physik, Köln 1992, S. 69-93.

2 Wissenschaftsrat: Stellungnahme zum Forschungszentrum Rossendorf (FZR), in: Empfehlungen und Stellungnahmen 1994, Bd. II, Köln 1994, S. 183-216.

3 Wissenschaftsrat: Empfehlungen zur Zusammenarbeit von Großforschungseinrichtungen und Hochschulen, Köln 1991, S. 93.

4 Wissenschaftsrat: Stellungnahme zur außeruniversitären Materialwissenschaft, Köln 1996, S. 226-227.

5 Wissenschaftsrat: Stellungnahme zum Forschungszentrum Rossendorf (FZR), Dresden, in: Stellungnahmen zu Instituten der Blauen Liste sowie zum Aufnahmeantrag des Hans-Knöll-Instituts für Naturstoff-Forschung in die Blaue Liste, Bd. XI, Köln 2001, S. 97-173.

die Frage der angemessenen Förderform sollte zu einem geeigneten Zeitpunkt erneut erörtert werden.

Im September 2006 wurde im Zuge einer Satzungsänderung das Forschungszentrum Rossendorf e.V. (FZR) in Forschungszentrum Dresden-Rossendorf e.V. (FZD) umbenannt.

Aufgabe des FZD ist laut Satzung, „im Interesse der Allgemeinheit Grundlagenforschung sowie anwendungsorientierte Forschung und Entwicklung vorwiegend auf den Gebieten der Naturwissenschaft und Technik zu betreiben sowie die Fortbildung des wissenschaftlichen und technischen Nachwuchses zu fördern. Diese Aufgabe umfasst auch die Nutzbarmachung von gewonnenen Kenntnissen und Erfahrungen durch Übertragung an Unternehmen der Wirtschaft, Einrichtungen der öffentlichen Hand und die enge Zusammenarbeit mit Universitäten und Hochschulen sowie die sachverständige Beratung zuständiger Stellen in der Bundesrepublik Deutschland (...). Weiter umfasst diese Aufgabe den Betrieb der dazu erforderlichen Anlagen.“

## **A.II. Arbeitsschwerpunkte und Großgeräte**

Die Hauptarbeitsrichtungen des FZD ordnen sich seit 2004 in drei institutsübergreifende Programme mit jeweils mehreren Programmbereichen und Forschungs- und Entwicklungs (FE)-Vorhaben ein:

- Programm „Struktur der Materie“
  - Programmbereich Materialforschung mit Ionen
    - FE-Vorhaben *Ionen-Festkörper-Wechselwirkung*
    - FE-Vorhaben *Dünne Schichten*
    - FE-Vorhaben *Nanostrukturen*
    - FE-Vorhaben *Nanoskaliger Magnetismus*
  - Programmbereich Halbleiterphysik
    - FE-Vorhaben *Dotierung und Defekte in Halbleitern*
    - FE-Vorhaben *Materialien für die Optoelektronik*
  - Programmbereich Forschung mit hohen Magnetfeldern
    - FE-Vorhaben *Elektronische Eigenschaften von Festkörpern*
  - Programmbereich Subatomare Physik
    - FE-Vorhaben *Nukleare Astrophysik*
    - FE-Vorhaben *Seltene hadronische Prozesse*
    - FE-Vorhaben *Strahlungsinduzierte Transmutation*
    - FE-Vorhaben *Neutroneninduzierte Prozesse*
  - Programmbereich Laserbeschleunigung von Elektronen und Ionen
    - FE-Vorhaben *Laserbeschleunigung - Strahlentherapie*

- Programm „Lebenswissenschaften“
  - Programmbereich Radiopharmazie
    - FE-Vorhaben *Radiotracer in der Tumorforschung*
    - FE-Vorhaben *Radiotracer in der Stoffwechselforschung*
    - FE-Vorhaben *Radiometalle*
    - FE-Vorhaben *PET in der Arznei- und Lebensmittelforschung*
  - Programmbereich Biostrukturen und Strahlung
    - FE-Vorhaben *Strahlungsinduzierte Zellschädigungen*
    - FE-Vorhaben *Strukturodynamik von Biomolekülen*
    - FE-Vorhaben *Tomographie und tumorkonforme Radiotherapie*
    - FE-Vorhaben *PET bei der Therapie mit ionisierender Strahlung*
- Programm „Umwelt und Sicherheit“
  - Programmbereich Radioökologie
    - FE-Vorhaben *Aquatische Chemie der Actiniden*
    - FE-Vorhaben *Wechselwirkung von Actiniden mit Festphasen*
    - FE-Vorhaben *Actiniden in Biosystemen*
  - Programmbereich Anlagen- und Reaktorsicherheit
    - FE-Vorhaben *Störfallanalyse von Kernreaktoren*
    - FE-Vorhaben *Material- und Komponentensicherheit*
    - FE-Vorhaben *Teilchen- und Strahlungstransport*
    - FE-Vorhaben *Sicherheit und Effektivität chemischer Prozesse*
  - Programmbereich Thermofluiddynamik
    - FE-Vorhaben *Magnetohydrodynamik*
    - FE-Vorhaben *Thermofluiddynamik von Mehrphasensystemen*

Die drei Programme „Struktur der Materie“, „Lebenswissenschaften“ und „Umwelt und Sicherheit“ werden in den organisatorischen Einheiten

- Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung (Abteilungen: Ionentechnologie; Ionenstrahlanalytik; Theorie; Halbleitermaterialien; Halbleiterspektroskopie; Prozesstechnologie; Strukturdiagnostik; Nanofunktionale Schichten)
- Institut für Radiopharmazie (Abteilungen: Radiopharmazeutische Chemie; Radiopharmazeutische Biologie; Positronen-Emissions-Tomographie)
- Institut für Strahlenphysik (Abteilungen: Kernphysik; Hadronenphysik; Strahlungsphysik; Biophysik; Strahlungsquelle ELBE)
- Institut für Radiochemie (Abteilungen: Biogeochemie; Migration; Molekulare Strukturen)
- Institut für Sicherheitsforschung (Abteilungen: Störfallanalyse; Experimentelle Thermofluiddynamik; Teilchen- und Strahlungstransport; Material- und Komponentensicherheit; Magnetohydrodynamik)
- Institut Hochfeld-Magnetlabor Dresden
- Zentralabteilung Forschungstechnik
- Projektgruppe Laser-Teilchenbeschleunigung  
bearbeitet.



## Programm „Struktur der Materie“

An diesem Programm sind das Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung mit seinen acht Abteilungen, die beiden Abteilungen Kernphysik und Hadronenphysik des Instituts für Strahlenphysik, das Institut für Hochfeld-Magnetlabor Dresden, Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter mehrerer Abteilungen des Instituts für Sicherheitsforschung und die Projektgruppe Laser-Teilchenbeschleunigung beteiligt.

Das Programm umfasst die Programmbereiche Materialforschung mit Ionen, Halbleiterphysik, Forschung mit hohen Magnetfeldern, Subatomare Physik sowie Laserbeschleunigung von Elektronen und Ionen. Ausgehend davon, dass sowohl Strukturen auf der Nanometerskala als auch starke elektromagnetische Felder die optischen, elektronischen, magnetischen und mechanischen Eigenschaften kondensierter Materie entscheidend beeinflussen und dass das immer tiefere Verständnis der subatomaren Struktur der Materie letztlich den Schlüssel zum Verständnis der Entstehung des Universums liefern wird, besteht das Ziel der Arbeiten darin, unter Einsatz wissenschaftlicher Großgeräte (Ionenstrahlzentrum, Hochfeld-Magnetlabor Dresden und Strahlungsquelle ELBE) wesentliche Beiträge zur Aufklärung der jeweiligen Strukturen und der darauf beruhenden Eigenschaften der Materie zu liefern. Dafür bestehen mit den im FZD verfügbaren Methoden – Untersuchung und Veränderung von Materialien mit Ionenstrahlen, Erforschung und Beeinflussung der physikalischen Eigenschaften von Materie in hohen Magnetfeldern, Forschung mit Photonen an der Strahlungsquelle ELBE (Elektronen Linearbeschleuniger für Strahlen hoher Brillanz und niedriger Emittanz) sowie künftig einem Hochleistungslaser als innovativem Treiber brillanter Teilchen- und Photonenstrahlen – die notwendigen Voraussetzungen. Die einzelnen Vorhaben sind jedoch nicht nur auf den unmittelbaren Erkenntnisgewinn, sondern letztlich auch auf eine praktische Nutzung der Forschungsergebnisse gerichtet.

### Programmbereich Materialforschung mit Ionen

Hierbei geht es um die Erforschung und Anwendung neuer Phänomene der Energiedissipation schneller Ionen in Festkörperoberflächen, insbesondere um die Erweiterung des atomistischen Verständnisses grundlegender Prozesse und Charakteristika (Abbremsung der Ionen in amorphen und kristallinen Festkörpern, Reichweiteverteilungen und Energieverlust der Ionen) sowie um die Anwendung ionengestützter Prozesse bei der Abscheidung dünner Schichten. Darauf aufbauend werden neue und verbesserte Verfahren für die Modifizierung und Analyse von Festkörperoberflächen mittels Ionenstrahlen entwickelt und in die Nutzung überführt. Beispiele dafür sind die Erzeugung funktionaler Strukturen durch Selbstorganisation bzw. Ionenschreiben und neuartiger elektronischer, optoelektronischer und magnetischer Oberflächen- und Schichtfunktionalitäten.

In Übereinstimmung mit einer Empfehlung des Wissenschaftlichen Beirats wurde das FE-Vorhaben *Biokompatible Materialien* Ende 2004 abgeschlossen.

FE-Vorhaben *Ionen-Festkörper-Wechselwirkung* (wird 2010 beendet)

Das Ziel besteht zum einen in der Untersuchung der Wechselwirkung schneller Ionen mit Festkörperoberflächen und in der Anwendung der Erkenntnisse zur Analyse

oberflächennaher dünner und ultradünner Schichten. Zum anderen wird als neues Phänomen der Einfluss der potenziellen Energie langsamer mittel- und hochgeladener Ionen auf die Wechselwirkung mit Festkörpern beschrieben. Perspektivisch wird hier die kontrollierte, oberflächennahe Modifikation von Materialien angestrebt. Eine wichtige Rolle spielen dabei Echtzeit-in-situ-Untersuchungen an Prozessen der Oberflächenmodifizierung und die Entwicklung höchster Tiefenauflösung zur Charakterisierung nanoskaliger Schichtsysteme z. B. aus der Mikroelektronik.

FE-Vorhaben *Dünne Schichten* (wird 2010 beendet)

Ziel dieses FE-Vorhabens ist es, in experimentellen und theoretischen Arbeiten zur Herstellung und Charakterisierung dünner, oberflächennaher und vielfach nanostrukturierter Schichten insbesondere den Einfluss hyperthermischer Teilchen auf die Synthese und die resultierenden mechanischen, optischen und elektrischen Schichteigenschaften zu untersuchen. Dazu werden vor allem das Magnetron-Sputtern und die Plasma-Immersion-Implantation eingesetzt. In breitgefächerten Kooperationen werden die im FZD vorhandenen spezifischen Möglichkeiten der Ionenbestrahlung auch zur Lösung biomedizinischer Probleme und zur Korrosionsverminderung angewendet.

FE-Vorhaben *Nanostrukturen*

Die experimentellen und theoretischen Arbeiten zielen auf die Herstellung anwendungsrelevanter oberflächennaher Nanostrukturen, z. B. für die Elektronik und Photonik, unter Verwendung ionenstrahlbasierter Verfahren. Dabei werden Nanostrukturen sowohl durch Top-down- (fokussierter Ionenstrahl) als auch durch Bottom-up-Verfahren (Selbstorganisationsprozesse unter Ionenbestrahlung) erzeugt. Um das Verständnis der physikalischen Mechanismen zur Synthese und Selbstorganisation von Nanostrukturen mit Ionenstrahlen zu vertiefen, werden begleitend kinetische Modelle sowie kinetische Monte-Carlo-Simulationen eingesetzt.

FE-Vorhaben *Nanoskaliger Magnetismus*

Das Ziel der Arbeiten besteht in der Beeinflussung der magnetischen Materialeigenschaften auf kleinen Längenskalen. Dazu werden die Ionenbestrahlung und Ionen-Implantation von Dünnschichtsystemen genutzt (siehe „Dünne Schichten“). Da sich einzelne magnetische Parameter, wie Anisotropie oder magnetische Dämpfung, nach Maß schneiden lassen, können in Kombination mit Lithographietechniken gezielt magnetische Domänenkonfigurationen und Ummagnetisierungsprozesse für interessante Anwendungen erzeugt werden. Darüber hinaus werden nanogranulare Metall/Halbleiter-Heterostrukturen sowie magnetisch verdünnte Halbleiter, vorrangig auf Basis von ZnO, hinsichtlich ihrer Eignung für die Spin-/Magnetoelektronik untersucht.

Programmbereich Halbleiterphysik

Die Forschung richtet sich speziell auf die Vertiefung des Verständnisses von Prozessen der Dotierung und Defektbildung in Halbleitern sowie der ultraschnellen Ladungsträgerdynamik in Halbleiterquantenstrukturen. Ein wichtiger Aspekt ist dabei der Ausbau der Magnetospektroskopie von Halbleitern. Die Erkenntnisse sollen der Entwicklung neuartiger Lichtemitter in verschiedenen Spektralbereichen (nahes Infra-

rot bis Tera-Hertz), der Herstellung und Charakterisierung neuartiger Halbleiternanostrukturen mit innovativen Methoden sowie dem Design neuartiger elektronischer und photonischer Bauelemente dienen. Für die Erforschung der grundlegenden Prozesse sind mit den experimentellen Möglichkeiten des Ionenstrahlzentrums, der Freie-Elektronen-Laser an der Strahlungsquelle ELBE sowie des Hochfeld-Magnetlabors Dresden ideale Voraussetzungen gegeben. Außerdem wird ab 2008 am Positronenmessplatz EPOS (ELBE Positron Source) durch die exzellente Zeitauflösung der Positronenpulse eine neue Qualität der Positronen-Lebensdauer-Spektroskopie erreicht werden.

#### FE-Vorhaben *Dotierung und Defekte in Halbleitern*

Ziel ist die Klärung des Zusammenhangs zwischen der veränderten atomaren Struktur, z. B. der Bildung von Clustern aus dotierenden Fremdatomen und Punktdefekten, und den veränderten Materialeigenschaften sowie daraus resultierenden technologierelevanten Problemen. Die Dotierung und Defekterzeugung bzw. -ausheilung nach Teilchenbestrahlung wird an den Materialien Si, Ge, SiC und ZnO experimentell und theoretisch untersucht. Ionenimplantation und Temperung dienen dazu, elektrische, optische und magnetische Eigenschaften von Halbleitermaterialien zu beeinflussen. In enger Abstimmung mit dem FE-Vorhaben *Materialien für die Optoelektronik* wird der Einfluss der Mikrostruktur bei der Erzeugung und Optimierung Si-basierter Lichtemitter untersucht. In Wechselwirkung mit dem FE-Vorhaben *Nanoskaliger Magnetismus* und dem Hochfeld-Magnetlabor erfolgen Untersuchungen zur magnetischen Dotierung von Halbleitermaterialien. In enger Verbindung mit den Experimenten werden atomistische Computersimulationen mit dem Ziel durchgeführt, ionenstrahl- und defektinduzierte Prozesse auf atomarer Ebene besser zu verstehen.

#### FE-Vorhaben *Materialien für die Optoelektronik*

Die Untersuchungen konzentrieren sich auf die Spektroskopie von Ladungsträgern, Gitterschwingungen und Störstellen in Halbleitern und niedrigdimensionalen Halbleiterstrukturen, deren Energie/Bandstruktur und Dynamik sowie deren Wechselwirkung mit elektromagnetischer Strahlung vom Terahertz- bis zum sichtbaren Spektralbereich. Die einzigartigen Eigenschaften des Freie-Elektronen-Laser (FEL) an der Strahlungsquelle ELBE werden für die zeitaufgelöste Spektroskopie und nichtlinear-optische Anwendungen genutzt. Mit dem Hochfeld-Magnetlabor Dresden und dessen Verknüpfung mit dem FEL wurden neue spektroskopische Möglichkeiten geschaffen, die Untersuchungen magneto-optischer Eigenschaften in bisher nicht zugänglichen Bereichen erlauben. In der Silizium-basierten Optoelektronik werden die Grundlagen, neuartige Bauelementkonzepte und Anwendungen elektrolumineszierender, ionenimplantierter Si- und SiO<sub>2</sub>-Strukturen untersucht.

#### Programmbereich Forschung mit hohen Magnetfeldern

Dieser Programmbereich wurde Anfang 2006 eingerichtet. Dies geschah noch während der Aufbauphase des Instituts Hochfeld-Magnetlabor Dresden. Momentan werden diese Aktivitäten im Zuge der schrittweisen Übergabe des Hochfeld-Magnetlabors an die Nutzer ausgebaut.

Zur Bearbeitung hochaktueller Forschungsthemen in den Bereichen der Supraleitung, des Magnetismus und der Halbleiterphysik wurden zunächst die methodischen

Voraussetzungen geschaffen. Insbesondere wurden leistungsstarke Pulsfeldmagnetspulen berechnet, konstruiert und in Betrieb genommen. Darüber hinaus wurden Messapparaturen zur Bestimmung elektrischer, magnetischer, thermodynamischer, akustischer und optischer Eigenschaften von Materialien, hier insbesondere von Systemen mit gezielt eingeschränkter Proben-dimensionalität bis hin zu komplexen organischen Verbindungen, entwickelt und in Betrieb genommen. Derzeit stehen drei Spulensysteme (60 T/20 ms in 20 mm Bohrung (elektrischer Transport, Magnetisierung); 55 T/50 ms in 24 mm Bohrung (Magneto-Optik); 70 T/150 ms in 24 mm Bohrung (für eine Vielzahl von Methoden geeignet)) zur Verfügung. Weltweit einmalig ist die Kombination der gepulsten Magnetfelder des Hochfeld-Magnetlabors mit der Infrarotstrahlung der Strahlungsquelle ELBE.

#### FE-Vorhaben *Elektronische Eigenschaften von Festkörpern*

Ziel ist es, die elektronischen und magnetischen Eigenschaften von Materie in sehr hohen Magnetfeldern zu untersuchen. Magnetfelder erlauben in einzigartiger Weise eine gezielte und vor allem reversible Beeinflussung von Materialeigenschaften. Diese Modifikationen führen oft zu Phasenübergängen und eventuell zu neuen fundamentalen Zuständen der Materie. Für viele dieser Phasenübergänge, die teils bisher nur vorhergesagt wurden, werden so hohe Magnetfelder benötigt, wie sie im Hochfeld-Magnetlabor Dresden zur Verfügung stehen bzw. stehen werden. Konkret werden quantenkritische Phänomene, d. h. feldinduzierte Phasenübergänge nahe dem absoluten Temperatur-Nullpunkt, wie beispielsweise die magnetfeldinduzierte Änderung der elektronischen Bandstruktur in Cer/Wismut/Platin (CeBiPt) untersucht. Darüber hinaus sollen exotische supraleitende Phasen und der normalleitende Grundzustand von Supraleitern bei hohen Magnetfeldern erforscht werden. Einzigartige Perspektiven bietet auch die nur am Hochfeld-Magnetlabor Dresden mögliche Infrarotspektroskopie in hohen Magnetfeldern, z. B. zur Erforschung von anwendungsrelevanten Halbleitermaterialien.

#### Programmbereich Subatomare Physik

Die Forschung in diesem Programmbereich ist auf die Untersuchung der Wechselwirkungen von Strahlung mit Materie anhand von subnuklearen und nuklearen Strukturen und Reaktionen ausgerichtet. Die FE-Vorhaben *Nukleare Astrophysik*, *Seltene hadronische Prozesse*, *Strahlungsinduzierte Transmutation* und *Neutroneninduzierte Prozesse* sind eng an die Strahlungsquelle ELBE gekoppelt, deren Sekundärstrahlen genutzt werden. Dabei sind die Arbeitsgebiete Hadronen- und Kernphysik durch den Einsatz verwandter Messmethoden bzw. die auf gleichen Prinzipien basierende Simulation der Experimente und deren Auswertung eng mit der Strahlungsphysik im Programm „Lebenswissenschaften“ verknüpft. Die FE-Vorhaben *Strahlungsinduzierte Transmutation* und *Neutroneninduzierte Prozesse* werden im Rahmen der Vorsorgeforschung im engen Zusammenhang mit dem Programm „Umwelt und Sicherheit“, speziell mit dem Institut für Sicherheitsforschung betrieben.

#### FE-Vorhaben *Nukleare Astrophysik* (wird 2009 beendet)

Ziel der Arbeiten ist ein Beitrag zum besseren Verständnis der Entwicklung des Universums. Die Untersuchungen beschäftigen sich mit der „p-Prozess Nukleosynthese“, die zur Produktion von schweren Atomkernen durch Photodisintegrationsreaktionen in explosiven stellaren Szenarien beiträgt. Bei Temperaturen oberhalb von  $10^9$  K er-

streckt sich das thermische Spektrum zu Energien oberhalb der Nukleonenseparationsenergien, so dass Elementumwandlungen stattfinden können. Ein wichtiges Beispiel ist die Produktion der Molybdänisotope, die in allen bisherigen Netzwerkrechnungen, die die Nukleosynthese in Abhängigkeit von verschiedenen kernphysikalischen und kosmischen Parametern beschreiben, unverstanden ist. Die Experimente nutzen die an der Strahlungsquelle erzeugte Bremsstrahlung. Die erreichbaren Photonenströme und Energien sind so hoch, dass auch Reaktionen mit sub-millibarn Querschnitten untersucht werden können.

#### FE-Vorhaben *Seltene hadronische Prozesse*

Die Experimente zur Emission virtueller Photonen (Di-Elektronen) aus komprimierter Kernmaterie am HADES (High Acceptance Di-Electron Spectrometer)-Detektor der Gesellschaft für Schwerionenforschung in Darmstadt zielen auf die Klärung des Ursprungs der Masse stark wechselwirkender subnuklearer Teilchen, wobei der Atomkern als „Mikrolabor“ für die Untersuchung von Prozessen der starken Wechselwirkung fungiert. Die vom FZD wesentlich mit gestalteten Experimente der internationalen HADES-Kollaboration umfassen Schwerionenreaktionen sowie Reaktionen von Protonen und künftig Pionen an Kernen verschiedener Massenzahlen. Das theoretische Instrumentarium umfasst hadronische Transportmodelle und verschiedene quantenchromodynamisch-basierte Methoden, mit denen auch weit über die HADES-Experimente hinausgehende Fragen bearbeitet werden können und die einen direkten Bezug zu astrophysikalischen Fragen haben. Aufbauend auf den gesammelten Erfahrungen wird das CBM (Compressed Baryon Matter)-Experiment an FAIR (Facility for Antiproton and Ion Research) vorbereitet.

#### FE-Vorhaben *Strahlungsinduzierte Transmutation*

Im Jahr 2005 wurde von den Instituten für Strahlenphysik und Sicherheitsforschung gemeinsam das Projekt zur experimentellen Bestimmung der Energieabhängigkeit von Wechselwirkungsquerschnitten schneller Neutronen (MeV-Bereich) mit Hilfe von Flugzeitmessungen am Photoneutronentarget nELBE an der Strahlungsquelle ELBE für die nukleare Transmutation aufgenommen. Damit folgt das FZD einer vom Wissenschaftsrat in seiner Stellungnahme zur Energieforschung<sup>6</sup> aufgezeigten Perspektive zur Transmutationsforschung. Konzepte zur Transmutation von radioaktivem Atommüll sehen schnelle Neutronen vor, um langlebige Radionuklide wie z. B. Plutonium in kurzlebigerer umzuwandeln und so das Problem der Endlagerung von Atommüll lösbar zu machen. Dabei steht die Untersuchung des Einflusses der schnellen Neutronen auf Konstruktionsmaterialien von derartigen Transmutationsanlagen sowie von schnellen Reaktoren im Vordergrund stehen. Zu diesem Zweck besteht im FZD auch die Möglichkeit, radioaktive Targets herzustellen und daran neutroneninduzierte Prozesse zu untersuchen.

#### FE-Vorhaben *Neutroneninduzierte Prozesse* (seit Januar 2007)

Im Rahmen dieses FE-Vorhabens wurde/wird an der Strahlungsquelle ELBE eine gepulste Photoneutronenquelle für das Studium neutroneninduzierter Prozesse aufgebaut. ELBE liefert intensive Elektronenstrahlpakete mit einer Länge von wenigen pico-Sekunden, die hervorragend zur Erzeugung sehr kurzer Pulse schneller Neutro-

---

6 Wissenschaftsrat: Stellungnahme zur Energieforschung, Köln 1999.

nen geeignet sind. Folglich genügt in Flugzeitmessungen eine kurze Laufstrecke, um eine gute Geschwindigkeits- und damit Energie-Auflösung bei der Messung relevanter Wirkungsquerschnitte zu erreichen. Die bei der Entwicklung der Detektortechnik sowie von Programmen zur online-Datenaufnahme und späteren Analyse gewonnenen Erfahrungen sollen ebenso wie die Kompetenzen auf dem Gebiet der *Nuklearen Astrophysik* in das längerfristige FE-Vorhaben *Strahlungsinduzierte Transmutation* eingebracht werden.

Programmbereich Laserbeschleunigung von Elektronen und Ionen (seit November 2006)

Dieser Programmbereich wurde am 1. November 2006 mit dem FE-Vorhaben *Laserbeschleunigung - Strahlentherapie* eröffnet. Dafür wird der erste Hochleistungslaser in unmittelbarer Nähe der Strahlungsquelle ELBE installiert, um durch Thomson-Rückstreuung des Hochleistungslasers am beschleunigten Elektronenstrahl abstimmbare, monoenergetische ultrakurze Röntgenpulse erzeugen zu können. Ziel dieser Arbeiten ist die Erforschung neuer Beschleunigungsprinzipien und die Erhöhung der Intensität von Hochleistungslasern sowie deren Anwendung vorrangig in der Medizin (Strahlenbiologie, Strahlentherapie von Tumoren). Außerdem sollen neue Prinzipien und Methoden für Anwendungsfelder im Bereich der nichtlinearen Teilchenstrahl-Materie-Wechselwirkung sowie für Ultrakurzpuls-Röntgenquellen entwickelt werden.

### **Programm „Lebenswissenschaften“**

Das Programm „Lebenswissenschaften“ wird vom Institut für Radiopharmazie mit seinen drei Abteilungen, den beiden Abteilungen Strahlungsphysik und Biophysik des Instituts für Strahlenphysik und der Projektgruppe Laser-Teilchenbeschleunigung bearbeitet.

Es umfasst die Programmbereiche Radiopharmazie sowie Biostrukturen und Strahlung. Das Ziel besteht darin, Beiträge zur frühzeitigen Erkennung und verbesserten Behandlung von Tumorerkrankungen als dem zweithäufigsten Gesundheitsproblem in der modernen Industriegesellschaft zu leisten. Gegenwärtig versagen in der Hälfte der Fälle alle Behandlungsmethoden; dementsprechend müssen neue, innovative Alternativen entwickelt werden. Die Kombination einer technologisch hochentwickelten externen und internen Radiotherapie durch Methoden des molekularen Targeting verspricht ein hohes Potenzial für eine erhöhte Heilungsrate. Im Mittelpunkt der Forschungen stehen Entwicklungen zu hochsensitiven diagnostischen Verfahren sowie zur hochspezifischen internen und externen Behandlung von Tumoren mittels nuklearmedizinischer und radioonkologischer Verfahren. Diese Entwicklungen erfolgen auf der Basis von diagnostischen Radiotracer, mit therapierelevanten Radionukliden markierten Stoffen, Methoden der Strahlenphysik sowie der biophysikalischen Analyse pharmakologischer Zielstrukturen in einmaliger Kombination der Möglichkeiten des PET-Zentrums und der Strahlenquelle ELBE. Von großer Bedeutung sind ein umfassendes molekulares Verständnis biochemischer und physiologischer Stoffwechsel- und Transportprozesse, die Entwicklung neuer sensitiver Verfahren zur Diagnose, Therapie und Therapiekontrolle, insbesondere in der Onkologie sowie die Klärung molekularer Schaltprozesse in pharmakologischen Zielstrukturen. Die Aktivitäten sind eng in ein wissenschaftliches Netzwerk mit der Technischen Universität

Dresden und dem Universitätsklinikum Dresden integriert, um die Ergebnisse der Forschung in Anwendungen am Patienten überführen zu können.

### Programmbereich Radiopharmazie

In diesem Programmbereich wurde in den letzten Jahren der Übergang von der primär chemischen Ausrichtung zur interdisziplinären Tumorforschung vollzogen. Dies spiegelt sich in der Einstellung der Themen „Radiotracer-Entwicklungen für neurowissenschaftliche Fragestellungen“, „Entwicklung von NMR-Kontrast-Mitteln“, „Tc-Komplexchemie“, „C-C-/C-N-Bindungsknüpfungen für Markierungen“ und „Entwicklung von Substanzen für die Photonen-Aktivierungs-Therapie“ sowie der methodischen Entwicklungen auf breiter Basis wider und führte schließlich zu der vom Wissenschaftlichen Beirat ausdrücklich unterstützten Umbenennung von „Institut für Bioanorganische und Radiopharmazeutische Chemie“ in „Institut für Radiopharmazie“ am 1. Januar 2006.

Das FZD arbeitet an Beiträgen zur „Molekularen Bildgebung und Therapie von Tumoren“, wobei die Entwicklung neuer radioaktiver molekularer Sonden (Radiotracer) und deren Einsatz in der medizinischen Forschung am Menschen sowie mit Hilfe der multimodalen Bildgebung am Tiermodell im Vordergrund stehen. Daneben rücken die Entwicklung und der Einsatz Radionuklid-markierter Substanzen für die Endoradionuklidtherapie durch selektives Targeting zunehmend in den Fokus der Arbeiten. Voraussetzung hierfür sind die Identifizierung und Charakterisierung neuer Targets mit molekular- und zellbiologischen Methoden sowie die radiochemische, biochemische und radiopharmakologische Entwicklung und Testung von Substanzen. Darüber hinaus geht es um die Aufklärung pathophysiologischer Besonderheiten ausgewählter inflammatorischer und metabolischer Prozesse. Diese Aktivitäten schließen die Entwicklung und Anwendung neuer Markierungsverfahren und die Erforschung von Zusammenhängen zwischen chemischen Moleküleigenschaften und dem Verhalten in Zellen, Versuchstieren und letztlich im Menschen ein. Gleichmaßen ist die quantitative Bildgebung auf höchstem Niveau notwendig. Dies betrifft die Erhöhung der Güte der quantitativen tomographischen Information sowohl für den Primärparameter „zeitabhängige Tracerkonzentration“ als auch für hieraus abgeleiteten Größen, die für medizinische Anwendungen von Bedeutung sind. Diesem Ziel dient die intensive Arbeit auf dem Gebiet der computergestützten Bilddatenverarbeitung. All diese Arbeiten werden in enger Kooperation mit dem Zentrum für Innovationskompetenz „Medizinische Strahlenforschung in der Onkologie - OncoRay“ in Dresden und onCOOPTics (Entwicklung und Anwendung der Laser-Teilchenbeschleunigung) in Dresden und Jena sowie in Abstimmung mit der Klinik für Nuklearmedizin des Universitätsklinikums Dresden durchgeführt.

FE-Vorhaben *Radiotracer in der Tumor- und Stoffwechselforschung* (das Vorhaben *Radiotracer in der Stoffwechselforschung* wird 2007 beendet)

Ziel ist die Charakterisierung biologischer Eigenschaften solider Tumoren und deren Bedeutung für krankheitsbestimmende Prozesse. Dies betrifft Einflüsse wie: funktionelle Expression ausgewählter Kinasen → Zellzyklusregulation; funktionelle Expression neuroendokriner Rezeptoren → Zell-Zell-Interaktion und Metastasierung; funktionelle Expression von Pattern-recognition-Rezeptoren → Metastasierung, Tumor-Invasion und inflammatorische Prozesse sowie Parameter des Tumormikromilieus (z. B. Hypoxie) → Radiotracerlokalisation. Für diese Zielparameter werden Targe-

ting-Konzepte entwickelt. Daraus leitet sich als Schwerpunkt dieses FE-Vorhabens die radiopharmakologische Charakterisierung neuentwickelter Radiotracer in vitro und in vivo ab. Daneben werden neue Ansätze für den Einsatz innovativer Radiotracer für die quantitative PET (Positronen-Emissions-Tomographie) und für den kombinierten Einsatz von PET, Magnetic Resonance Imaging und Magnetic Resonance Spectroscopy zur Aufklärung grundlegender Mechanismen verschiedener, vor allem tumorassoziierter Pathologien, z. B. inflammatorischer Prozesse entwickelt. Der Ausbau des PET-Zentrums um weitere Methoden der multimodalen Bildgebung (Tier-PET, Tier-Magnetic Resonance Imaging, Tier-CT) zu einem Zentrum für Molekulare Bildgebung ermöglicht die tiefergehende Charakterisierung pathophysiologischer Zustände am Versuchstier.

#### FE-Vorhaben *Radiometalle*

Ziel ist die Entwicklung metabolisch und radiolytisch stabiler Radiometallverbindungen sowie neuer Targeting- und Pretargetingkonzepte, vor allem für die Anwendung von Radionukliden in der Endoradionuklidtherapie. Dafür kommen zunächst die Radionuklidpaare  $^{99m}\text{Tc}/^{188}\text{Re}$ ,  $^{64}\text{Cu}/^{67}\text{Cu}$  und  $^{86}\text{Y}/^{90}\text{Y}$  zum Einsatz. Radiochemische Markierungsmethoden für Peptide, Proteine, Oligonukleotide, Mikrosphären und Nanoteilchen werden weiterentwickelt und für potenzielle klinische Anwendungen angepasst. Die Entwicklung, Testung und Bewertung neuer Pretargetingkonzepte erfordern umfangreiche biowissenschaftliche Untersuchungen, z. B. die Erstellung von in vitro Tumormodellen auf der Basis von Zell-Sphäroiden und Tiermodellen.

#### FE-Vorhaben *PET in der Arznei- und Lebensmittelforschung* (wird 2007 beendet)

Die Möglichkeit, schnell und nichtinvasiv dynamische Wechselwirkungen zwischen Arzneimitteln und biologischen Systemen zu visualisieren und zu analysieren, weist der PET eine zukunftssträchtige Rolle in der Pharmaforschung und -entwicklung zu. Es werden wichtige Beiträge zur kostengünstigen und schnelleren Entwicklung sowie zur Erhöhung der Effizienz und Sicherheit von Arzneimitteln erwartet. Dies gilt ebenso für die Lebensmittelforschung. Untersuchungen zur Pharmakodynamik und Pharmakokinetik bioaktiver Ingredienzien von Lebensmitteln und die Auswirkungen neuer technologischer Prozesse sprechen für den Einsatz der PET in der Lebensmittelforschung. Im Zuge der Konzentration des FZD auf die Tumorforschung wird das Vorhaben 2007 beendet.

#### Programmbereich Biostrukturen und Strahlung

In diesem Programmbereich werden Untersuchungen an DNA und ausgewählten pharmakologisch interessanten Biopolymeren durchgeführt, um krankheitsrelevante, auf Strukturänderungen beruhende molekulare Schaltvorgänge in Makromolekülen sowie die Mechanismen strahleninduzierter Zellschädigungen zu verstehen. Dafür werden biophysikalische Methoden entwickelt, die detaillierte Information zu Struktur und Funktion schwer kristallisierbarer Targets wie G-Protein-gekoppelte Rezeptoren, Cytoskelettproteinassoziate und DNA liefern. Die am Freie-Elektronen-Laser (FEL) der Strahlungsquelle ELBE erzeugte Infrarot-Strahlung wird in Experimenten zur DNA-Strukturanalyse genutzt, während strahlenbiologisch relevante Strahlenarten für in vitro Studien und die präklinische Translationsforschung im Tiermodell eingesetzt werden. Eine zweite Richtung besteht darin, mit Hilfe von Methoden der kernphysika-



lischen Messtechnik medizinische Bildverfahren, speziell PET, in strahlentherapeutische Behandlungen mit dem Ziel einer zeitnahen und genauen Qualitätskontrolle der Radiotherapie von Tumoren zu integrieren. Konventionelle spektroskopische Verfahren sowie biochemische, physikalische und dosimetrische Messungen ergänzen die Arbeiten.

#### FE-Vorhaben *Strahlungsinduzierte Zellschädigungen*

Ziele sind die Aufklärung der Mechanismen der Wirkung ionisierender Strahlung auf Zellen sowie die gezielte Modifikation der Strahlenwirkung. Dies erfordert die Quantifizierung der Strahlenwirkung auf zellulärer und subzellulärer Ebene in Abhängigkeit von der Strahlenqualität, wobei die Nutzung der an der Strahlungsquelle ELBE verfügbaren, strahlenbiologisch interessanten Strahlenarten von besonderer Bedeutung ist. Zunächst wird die relative biologische Wirksamkeit von Röntgenstrahlung in Abhängigkeit von der Photonenenergie erforscht. Dafür wird eine dedizierte Quelle intensiver, quasi-monochromatischer Channeling-Röntgenstrahlung an ELBE realisiert.

#### FE-Vorhaben *Strukturodynamik von Biomolekülen*

Ziel ist die Aufklärung funktioneller Konformationsänderungen in krankheitsrelevanten Biomolekülen ("molekulare Schalter"). Dazu werden Konformationsänderungen durch verschiedene Trigger spezifisch ausgelöst und sowohl durch statische sowie zeitaufgelöste Infrarot-Absorptionsmessungen auf unterschiedlichen Zeitskalen verfolgt. Betrachtet werden Systeme, für die kristallographische Strukturinformation schwer oder gar nicht zugänglich ist. Kurze Zeitskalen werden mittels FEL-Infrarot-Pulsen untersucht, die Energetik funktioneller Konformationsänderungen wird kalorimetrisch erfasst. Die erhaltenen Daten werden in thermodynamisch und strukturell fundierten Modellen integriert. Die funktionellen Wechselwirkungen der untersuchten Biomoleküle mit ihrer Umgebung werden explizit berücksichtigt und nehmen damit Bezug auf international beachtete neue Erkenntnisse zur Funktion von Membranproteinen.

#### FE-Vorhaben *Tomographie und tumorkonforme Radiotherapie (wird 2009 beendet) und PET bei der Therapie mit ionisierender Strahlung*

Im FZD wurde in-beam PET zur in-situ-Kontrolle der Dosisapplikation mit Ionenstrahlen entwickelt und weltweit erstmals bei der  $^{12}\text{C}$ -Ionenstrahlentherapie an der Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI), Darmstadt, klinisch eingesetzt. Bei der Ionenstrahlentherapie wird die primäre Strahlung vollständig im Körper des Patienten gestoppt. Dies ist ein prinzipieller Unterschied zur konventionellen Strahlentherapie mit harter Röntgenstrahlung und erlaubt die für die Ionenstrahlentherapie typischen Präzisionsbestrahlungen selbst in der Nähe radiosensitiver Risikoorgane. Für die Beurteilung der korrekten Dosisdeposition ist ein dreidimensionales nicht-invasives Bildverfahren, was neben der Bestrahlungsfeldposition auch die Eindringtiefe der Ionen erfasst, gefordert. In-beam PET wird gegenwärtig als die einzige Methode angesehen, die diese Forderungen erfüllt.

Der Betrieb von in-beam PET sowie die zur Qualitätssicherung erforderliche Auswertung der klinischen Daten erfolgen während der Therapiestahlzeiten an der GSI durch Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des FZD. Parallel zum klinischen Einsatz wird die in-beam PET Installation genutzt, um offene physikalisch-technische Fragen zur

Methode wissenschaftlich zu bearbeiten und neue Auswertelgorithmen experimentell zu testen.

### **Programm „Umwelt und Sicherheit“**

Die Arbeiten in diesem Programm werden von dem Institut für Radiochemie mit seinen drei Abteilungen und dem Institut für Sicherheitsforschung mit seinen fünf Abteilungen durchgeführt.

Das Programm umfasst die drei Programmbereiche Radioökologie, Anlagen- und Reaktorsicherheit und Thermofluidynamik und zielt im Sinne der Vorsorgeforschung auf den verbesserten Schutz von Mensch und Umwelt vor technischen Risiken. Die FE-Vorhaben sind zum einen auf die Bewertung und Minderung der Risiken aus dem Brennstoffkreislauf der Kerntechnik konzentriert, speziell auf die Altlasten des Uranerzbergbaus, auf die Energieerzeugung im Kernreaktor und auf die Entsorgung nuklearer Abfälle. Zum anderen sind die Vorhaben auf die Erhöhung der Sicherheit, Effizienz und Umweltverträglichkeit nichtnuklearer technischer Prozesse ausgerichtet. Dieses Profil ist das Ergebnis der konsequenten Umsetzung der Empfehlungen des Wissenschaftsrates bei früheren Evaluierungen des FZD. Die Programmbereiche verfolgen miteinander verzahnte Einzelprojekte wie z. B. die Entwicklung grundlegender physikalischer Modelle für Zweiphasenströmungen und die spätere Anwendung dieser Modelle in Störfallanalysen.

#### Programmbereich Radioökologie

Das FZD hat sich die Aufgabe gestellt, Wechselwirkungen und Mobilität von Actiniden und weiterer langlebiger Radionuklide auf molekularer Ebene in Geo- und Biosystemen aufzuklären, um zum makroskopischen Verständnis der ablaufenden Prozesse beizutragen und diese modellieren zu können. Dabei ist die Forschung auf den Transfer von Actiniden vom Geo- zum Biosystem und damit vorrangig auf die Aufklärung der Prozesse an biomolekularen Grenzflächen und den Wechselwirkungen in den Biosystemen selbst fokussiert. Diese Arbeiten wirken wesentlich in die Sicherheitsforschung zur Nuklearen Entsorgung sowie die Strahlenforschung hinein.

Im Zentrum der standortunabhängigen Langzeitsicherheitsanalyse von Endlagern steht die Aufklärung des Verhaltens der Actiniden, da sie, neben wenigen verbliebenen langlebigen Spaltprodukten, bei der direkten Endlagerung die Radiotoxizität bestimmen. Weitere Forschungsgebiete sind die Rückhaltung von Radionukliden durch Mehrfach-Barrierensysteme und die Migration von Actiniden im Nah- und Fernfeld von Endlagern unter Einbeziehung biologischer Aspekte. Die Radioökologie ist auch ein wichtiges Element für den vorsorgenden Strahlenschutz zur Ermittlung der Verteilung und Wirkung radioaktiver Stoffe in der Natur. Dies schließt den Eintrag natürlicher wie künstlicher Radionuklide, besonders der Actiniden u. a. bei möglichen Störfällen bei der Energiegewinnung und Nuklearwaffenproduktion, aber auch die Freisetzung natürlicher Radionuklide in die Umwelt durch Zement-, Düngemittel-, Kohle- und Mineralwasserproduktion ein. Die Forschung zielt auf die Aufklärung der die Verteilung der Actiniden im Nahrungspfad bestimmenden molekularen Mechanismen.

Eine wichtige Rolle bei der Untersuchung der Actinidenverbindungen auf molekularer Ebene spielt der radiochemische Messplatz an der Rossendorf Beamline ROBL an der European Synchrotron Radiation Facility Grenoble.

#### FE-Vorhaben *Aquatische Chemie der Actiniden*

Ziel ist es, zur Aufklärung der aquatischen Koordinationschemie und Struktur umwelt-relevanter anorganischer und organischer Komplexe des Urans, Neptuniums, Plutoniums, Americiums und Curiums beizutragen. Dabei stehen sowohl die stabilen als auch die niederwertigen Oxidationsstufen der wassergelösten Actiniden in Wechselwirkung mit biomolekularen Oberflächen und in den Biofluiden selbst im Mittelpunkt. Die Bestimmung der Bildungskinetik, der Löslichkeit und der Stabilitätskonstanten der Komplexverbindungen ist eine wichtige Voraussetzung für die Prognose der Mobilität von Actiniden unter Berücksichtigung von Quelltermszenarien innerhalb nuklearer Endlager und radioaktiv kontaminierter Gebiete und der nachfolgenden Wechselwirkung und Verteilung der Actiniden in den biologischen Systemen.

#### FE-Vorhaben *Wechselwirkung von Actiniden mit Festphasen*

Das Ziel besteht darin, die dominierenden Oberflächenreaktionen (Sorption, Redox- und Fällungsprozesse) von Actiniden auf Mineral- und Gesteinsoberflächen, in Böden und auf Kolloiden zu ermitteln und mittels Oberflächenkomplexbildungsmodellen zu beschreiben. Dazu werden die gebildeten Oberflächenspezies spektroskopisch und mikrospektroskopisch aufgeklärt und lokalisiert. Für die qualitätsgesicherte geochemische Modellierung werden Mineralauflösungs- und -neubildungsreaktionen unter Einbeziehung der Bildung von Biofilmen und von Prozessen an biomolekularen Oberflächen untersucht. Experimente zum reaktiven Transport stellen einen direkten Bezug zur Actinidenmigration und den entsprechenden Modellen her.

#### FE-Vorhaben *Actiniden in Biosystemen*

Biota spielen eine Schlüsselrolle innerhalb der geochemischen Actinidenkreisläufe. Einzelne grundlegende Prozesse sind bekannt, jedoch ihr Zusammenspiel bei der Migration von Actiniden ist wegen der hohen Systemkomplexität nur wenig verstanden. Ziel ist es daher, das Verständnis der Wechselwirkungen und der Mobilität der Actiniden und langlebigen Radionuklide an der Grenzfläche Geo-Biosystem und in den Biosystemen selbst zu erhöhen. Dabei ist die Aufklärung der molekularen, die Verteilung der Actiniden innerhalb des Nahrungspfades bestimmenden Mechanismen besonders wichtig. Die Arbeiten konzentrieren sich derzeit auf die Wechselwirkung der Actiniden in Biota und an deren biomolekularen Grenzflächen mittels molekularbiologischer und spektroskopischer Methoden, der Speziation von Actiniden in biologischen Systemen und auf die Identifizierung und Charakterisierung der Mikroorganismenpopulationen auf radioaktiv kontaminierten Standorten.

#### Programmbereiche Anlagen- und Reaktorsicherheit und Thermofluidodynamik

Diese eng miteinander verbundenen Programmbereiche verfolgen das Ziel, im Sinne der Vorsorge die Sicherheit heutiger und künftiger Anlagen des nuklearen Brennstoffkreislaufs, primär von Kernreaktoren, zu bewerten und zu erhöhen. Dies umfasst auch die Analyse der Optionen, die Erzeugung langlebiger Radionuklide, speziell von minoren Actiniden, so weit wie möglich zu reduzieren, bzw. den Bestand durch

Transmutation abzubauen. Die Sicherheitsbewertung beruht maßgeblich auf thermofluidynamischen Prozesssimulationen. Diese Expertise wird andererseits für die strömungsmechanische Optimierung von Prozessen in der Verfahrenstechnik, der Metallurgie oder beispielsweise in der Kristallzüchtung eingesetzt, wofür zunehmend Verfahren der Magnetohydrodynamik (MHD) genutzt werden. Das Gewicht liegt dabei auf der Analyse thermo- und magnetofluidynamischer Effekte sowie auf der Entwicklung und Validierung fortgeschrittener Berechnungsmodelle für derartige Phänomene. Diese Modelle müssen die Wärmequellen beschreiben und berücksichtigen deshalb die Kinetik chemischer Reaktionen bzw. die Neutronenkinetik. Für die Sicherheitsbewertung von Kernreaktoren wird ergänzend die strahlungsinduzierte Alterung von Reaktorkonstruktionswerkstoffen analysiert.

Die theoretischen Arbeiten stützen sich auf Experimente und Laboruntersuchungen im FZD an den Forschungs- und Nutzergeräten ELBE und TOPFLOW (Transient Two-Phase Flow Test Facility) sowie die MHD-Labors, die Heißen Zellen für die mechanische Prüfung bestrahlter Werkstoffe und die Versuchsanlage ROCOM (Rosendorf Coolant Mixing Test Facility). Nach eigener Einschätzung verfügt das FZD mit diesen Experimenten in Kombination mit den theoretischen Arbeiten über ein weltweites Alleinstellungsmerkmal.

#### *FE-Vorhaben Störfallanalyse von Kernreaktoren*

Ziel ist die verbesserte Simulation von Störfallabläufen und Unfällen in heutigen und künftigen Kernreaktoren. Die Arbeiten konzentrieren sich derzeit auf die in Betrieb befindlichen Leichtwasserreaktoren, sie werden sich aber in den kommenden Jahren zunehmend auf die Sicherheitsbewertung neuer Reaktoren (Generation IV-Initiative) verschieben. Daneben werden die Möglichkeiten der Minimierung langlebiger Radionuklide durch Transmutation in Leichtwasserreaktoren untersucht. Der methodische Schwerpunkt liegt auf der Weiterentwicklung des hauseigenen Dynamikprogramms DYN3D durch die Implementierung transporttheoretischer Ansätze, Adaption auf GEN-IV-Systeme und die Verknüpfung mit fortgeschrittenen Thermohydraulikprogrammen, insbesondere mit CFD (Computational Fluid Dynamics)-Modellen. Für auslegungsüberschreitende Unfälle werden thermische und viskoplastische Modelle entwickelt, die die Verformungen und Spannungen im Reaktordruckbehälter bei schweren Unfällen mit Verlagerung von Kernschmelze in die Bodenkalotte beschreiben.

#### *FE-Vorhaben Material- und Komponentensicherheit*

Wegen des steigenden Alters der weltweit betriebenen Leichtwasserreaktoren wird die Untersuchung der Versprödung von RDB (Reaktordruckbehälter)-Stählen durch Neutronen- und Gammabelastung immer wichtiger. Die Bestimmung der notwendigen Materialparameter für bruchmechanische Integritätsanalysen an Kleinproben und ihre Übertragung auf Großkomponenten ist jedoch noch nicht befriedigend gelöst. Besondere Bedeutung hat daher die Untersuchung authentischen RDB-Materials aus Reaktoren des abgeschalteten Kernkraftwerks Greifswald. Es erlaubt den direkten Vergleich zwischen den Annahmen zur Materialalterung, die für den Sicherheitsnachweis der auch in der Europäischen Union betriebenen WWER-Reaktoren russischer Bauart getroffen werden, und den tatsächlichen Materialeigenschaften. Ein weiterer Schwerpunkt dieses FE-Vorhabens ist die Aufklärung der Bildungsme-

chanismen der Bestrahlungsdefekte im Nanometerbereich. Hierfür werden molekulardynamische und ratentheoretische Modelle entwickelt und mit Kleinwinkelstreuexperimenten und anderen strukturanalytischen Verfahren validiert. Das FZD ist dabei in internationale Bestrahlungs- und Nachuntersuchungsprogramme eingebunden. Derzeit werden die Arbeiten auf Werkstoffe von Fusions- und Transmutationsanlagen bzw. Reaktoren der Generation IV ausgedehnt.

FE-Vorhaben *Teilchen- und Strahlungstransport* (wird 2007 beendet)

Ziel ist die Entwicklung von Berechnungsmethoden für den Neutronen-, Gamma- und Elektronentransport in Materialanordnungen, deren Verifikation an Hand von Experimenten und deren Anwendung zur Lösung von Problemen der Reaktortechnik, des Strahlenschutzes und z. B. der Fusionstechnik. Typische Anwendungsgebiete sind die Reaktordosimetrie, Kritikalitätsrechnungen, Berechnungen von Gruppen-Wirkungsquerschnitten und die Abschirmungsauslegung. Daneben werden unverzichtbare Beiträge zur Auslegung von Experimenten im Rahmen der programmübergreifenden Forschung im FZD erbracht. Methodisch liegen die Schwerpunkte dieses FE-Vorhabens auf der Entwicklung und Anwendung von Monte-Carlo-Verfahren sowie von deterministischen Transportberechnungsmethoden u. a. auch für die *Störfallanalyse von Kernreaktoren*.

FE-Vorhaben *Sicherheit und Effektivität chemischer Prozesse* (wurde 2006 beendet)

Ziel war die Erhöhung der Sicherheit, Effektivität und Umweltverträglichkeit von Anlagen der chemischen Verfahrenstechnik. Die in-situ Reaktionsaufklärung diente dabei als Basis für die bessere Simulation praxisrelevanter Prozesse. Um Sicherheit und Umweltverträglichkeit chemischer Prozesse einzuschätzen und Verfahren zur Prozessdiagnostik bereitzustellen, mit denen unerwünschte Reaktionszustände frühzeitig erkannt werden können, erfolgten Untersuchungen in Parameterbereichen jenseits der regulären Rezepturen. Für die konsistente Prozesssimulation vom Normalzustand bis hin zur durchgehenden Reaktion wurden CFD-Methoden entwickelt, die die Reaktionskinetik mit der Fluidodynamik des Mehrphasen-/ Mehrkomponentensystems verbinden. Darüber hinaus wurden MHD-Verfahren zur Optimierung der energetischen Effizienz und der Raum-Zeit-Ausbeute elektrochemischer Prozesse erforscht. Für die Extrapolation auf technisch relevante Elektrolyseprozesse sind Skalengesetze zur Abhängigkeit des Stofftransports von einem extern angelegten Magnetfeld zu ermitteln (wird im FE-Vorhaben *Magnetohydrodynamik* fortgeführt).

FE-Vorhaben *Magnetohydrodynamik*

Die Magnetohydrodynamik (MHD) als spezielle Ausprägung der Thermohydraulikforschung befasst sich mit der wechselseitigen Beeinflussung von elektrisch leitfähigen Fluiden und elektromagnetischen Feldern. Das Ziel besteht darin, aufbauend auf Grundlagenuntersuchungen wie etwa zur Turbulenz unter Magnetfeldeinfluss oder zur Selbsterregung eines Magnetfeldes in Flüssigmetallströmungen technologische Anwendungen beispielsweise in der Halbleitertechnik, der Metallurgie und der Elektrochemie zu erschließen. Die Entwicklung von Messtechniken für Flüssigmetallströmungen ist wichtiger Bestandteil dieser Arbeiten. Hervorhebenswert sind auch die Arbeiten zu Phänomenen des Magnetismus in der Astronomie, z. B. der erstmalige experimentelle Nachweis der Magneto-Rotations-Instabilität, die von entscheidender

Bedeutung für das Verständnis der Entstehung von kosmischen Akkretionsscheiben ist.

#### FE-Vorhaben *Thermofluidynamik von Mehrphasensystemen*

Mehrphasenströmungen spielen eine Schlüsselrolle in vielen Industriezweigen, von Blasensäulenreaktoren und Elektrolyseanlagen in der chemischen Verfahrenstechnik bis hin zur Kerntechnik. Heutige Berechnungsmodelle weisen noch erhebliche Defizite bei der Beschreibung räumlicher und zeitlich transientser Mehrphasenströmungen auf. Daher besteht das längerfristige Ziel in der Entwicklung theoretischer Modelle für grundlegende Phänomene in dreidimensionalen und transienten Mehrphasensystemen in Form lokaler, d. h. geometrieunabhängiger Konstitutivbeziehungen für die Wechselwirkung der Phasen. Da Modellerarbeitung und Validierung der Programme nur in enger Anbindung an das Experiment möglich sind, liegen die Forschungsinhalte neben den theoretischen Arbeiten für so genannte CFD-Programme auf Experimenten (TOPFLOW) mit dem Einsatz hochauflösender, innovativer Messverfahren, inklusiver tomographischer Messmethoden. Sie liefern den Zugang zur zeitabhängigen Form und Größe der Phasengrenzfläche, über die der Stoff-, Impuls- und Energieaustausch zwischen den Phasen erfolgt. Die Entwicklung der Messtechnik ist Bestandteil des Vorhabens. Mit den bereits im Einsatz befindlichen Gittersensoren ist das FZD auf dem Gebiet der schnellen hochauflösenden Zweiphasenmesstechnik nach eigener Auffassung weltweit führend.

Das FZD betreibt folgende Großgeräte:

- Die Strahlungsquelle ELBE (Elektronen Linearbeschleuniger für Strahlen hoher Brillanz und niedriger Emittanz) (Betreiber: Institut für Strahlenphysik) wurde im September 2001 offiziell in Betrieb genommen. An ihr lassen sich die Sekundärstrahlungsarten kohärente Infrarotstrahlung kohärente Infrarotstrahlung (Wellenlänge: 4 bis 200  $\mu\text{m}$ ), quasi-monochromatische Röntgenstrahlung (Energie: 10 bis 100 keV), (polarisierte) MeV-Bremsstrahlung, gepulste Neutronenstrahlen (ab Ende 2007) und gepulste monoenergetische Positronen (Energie: 1 bis 30 keV, ab 2008) erzeugen. Der Nutzerbetrieb an den einzelnen Experimentierplätzen begann schrittweise: Bremsstrahlung (Kernphysik) in 2002, Channelingstrahlung in 2003, Infrarot-Strahlung am Freie-Elektronen-Laser (FEL) U-27 (Wellenlänge: 4 bis 22  $\mu\text{m}$ ) in 2004, Infrarot-Strahlung am FEL U-100 (Wellenlänge: 20 bis 200  $\mu\text{m}$ ) in 2006 und Infrarot-Strahlung im Hochfeld-Magnetlabor Dresden in 2007. In den Jahren 2007 bis 2010 wird die Strahlungsquelle ELBE um ein Hochleistungslaserlabor erweitert, das neue Möglichkeiten bei der Erzeugung gepulster Röntgenstrahlung sowie neuer Kurzpuls-Teilchenstrahlung (Elektronen, Ionen) eröffnen wird.
- Das Hochfeld-Magnetlabor Dresden (Betreiber: Institut Hochfeld-Magnetlabor Dresden) für gepulste Felder bis maximal 100 T wurde in den Jahren 2003 bis 2006 aufgebaut. Es ist seit April 2007 mit den FEL der Strahlungsquelle ELBE verbunden. Damit ist die Spektroskopie mit abstimmbaren, intensiven Infrarot-Quellen in hohen Magnetfeldern möglich.
- Das Ionenstrahlzentrum (Betreiber: Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung) betreibt drei elektrostatische Beschleuniger (Single Stage 2 MV, Tandem 3 MV, Tandem 5 MV), drei Ionenimplanter (25 kV, 200 kV, 500 kV) und fünf Anla-

gen zur Plasma-Immersionen-Ionenimplantation (max. 35 kV). Zu noch geringeren Beschleunigungsspannungen hin wird das Anlagenspektrum durch Niederenergie-Ionenquellen und Anlagen zur ionengestützten Schichtabscheidung abgerundet. Neben dem Einsatz für die Eigenforschung wird das Ionenstrahlzentrum zu 49 % von auswärtigen Institutionen aus Forschung und Industrie genutzt. Es wird als einzige europäische Einrichtung von der Europäischen Union als „Infrastructure for Transnational Access“ für die Anwendung von Ionenstrahlen in der Materialforschung gefördert.

- Die Rosendorf Beamline ROBL an der ESRF (European Synchrotron Radiation Facility) Grenoble (Betreiber: Institut für Radiochemie, Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung) an einem Synchrotron der dritten Generation verfügt über zwei Experimentierplätze, einen für Radiochemie und einen für Materialwissenschaften, und ist seit 1998 in Betrieb. Die Beamline soll in den Jahren 2009/2010 nach mehr als zehnjähriger Betriebsdauer teilweise erneuert und zu einer kombinierten Mikrospektroskopie- und Mikrodiffraktions-Beamline ausgebaut werden. Nach der Förderung als Large Scale Facility durch die Europäische Union in den Jahren 2000 bis 2003 ist die Beamline seit 2004 Teil des European Network of Excellence ACTINET, die den Zugang für externe europäische Nutzer am radiochemischen Messplatz weiter erleichtert. Außerdem stellt das FZD gemäß Vertrag mit der ESRF Grenoble einen Teil der Strahlzeit für Nutzer aus anderen Einrichtungen zur Verfügung.
- Das PET (Positronen-Emissions-Tomographie)-Zentrum (Betreiber: Institut für Radiopharmazie in Zusammenarbeit mit der TU Dresden und dem Universitätsklinikum Dresden) wird seit 1997 als Zentrum für die molekulare Bildgebung (Molecular Imaging bis zum femtomolaren Niveau) biochemischer Prozesse und im begrenzten Umfang zur Untersuchung von Patienten genutzt. Es bestand ursprünglich aus einem dedizierten Zyklotron für die Herstellung von Positronenemittern, pharmazeutischen (GMP-)Herstellungslabors und mehreren Tomographen<sup>7</sup>. Im Jahr 2002 kam ein Concorde microPET P4-Scanner für die Untersuchung kleiner Versuchstiere hinzu. In den Jahren 2004 und 2005 wurde die Ausstattung durch ein MRT-Gerät für die Untersuchung kleiner Versuchstiere sowie durch einen Kleintier-Computer-Tomographen ergänzt. Damit bietet es Voraussetzungen für die tierexperimentelle Struktur- und Funktionsanalytik. Das PET-Zentrum bildet damit einen Bestandteil des im Juni 2005 gemeinsam mit der TU Dresden und dem Universitätsklinikum gegründeten, auf radioonkologische Fragestellungen ausgerichteten interdisziplinären Zentrums für Innovationskompetenz „Medizinische Strahlenforschung in der Onkologie – OncoRay“.
- TOPFLOW (Transient Two Phase Flow Test Facility) (Betreiber: Institut für Sicherheitsforschung) ist eine thermofluiddynamische Mehrzweck-Versuchsanlage, die mit ihrer maximalen Heizleistung von 4 MW, dem maximalen Betriebsdruck von 7 MPa, der Temperatur von 285°C und einem Dampfmassenstrom von 1,5 kg/s langfristig für grundlegende und angewandte Untersuchungen zu räumlichen und zeitlich transienten Zweiphasen-Strömungsphänomenen in einem praxisnahen Modellmaßstab (Leitungsdurchmesser bis 200 mm und Behältervolumen bis 18 m<sup>3</sup>) und bei realen Stoffwerten genutzt wird. TOPFLOW ist im Jahr 2003 in Betrieb genommen und 2004/2005 um einen Drucktank erweitert worden, in dem Teststrecken bis zu einem Druck von 50 bar im Druckausgleich betrieben werden

---

7 Zeitlich nacheinander.

können. Die Anlage ist die Referenzversuchsanlage des nationalen Computational Fluid Dynamics (CFD)-Verbunds zur Weiterentwicklung von Zweiphasenmodellen für CFD-Codes und wurde als internationale Nutzereinrichtung etabliert.

Die Großgeräte des FZD werden nicht nur von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Forschungszentrums sondern auch von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern anderer Einrichtungen genutzt (Ionenstrahlzentrum: ca. 50 %, Strahlungsquelle ELBE: ca. 25 %, Rossendorf Beamline ROBL: ca. 25 %). Nach Angaben des FZD liegt der Anteil des Services am Haushalt in den letzten Jahren nahezu unverändert bei knapp über 15 %, wobei der größte Anteil auf den internen Service innerhalb des FZD entfällt. Ein erheblicher Teil der Serviceleistungen für Dritte ist mit dem Betrieb der größeren Forschungsanlagen verbunden. Diese Anlagen des FZD sind in eine leistungsfähige wissenschaftlich-technische Infrastruktur, zu der auch das Vorhalten der erforderlichen Genehmigungen zum Umgang mit offenen und umschlossenen radioaktiven Stoffen, zum Betrieb von Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlung sowie nach der Röntgenverordnung, für Tierversuche und für den Betrieb von Labors der gentechnischen Sicherheitsstufe S 1 gehört, zur Unterstützung der Experimente eingebettet. Auf dem Gebiet des Strahlenschutzes besteht eine enge vertraglich geregelte Zusammenarbeit mit dem ebenfalls auf dem Forschungsstandort Rossendorf ansässigen Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik Rossendorf e.V.

### **A.III. Arbeitsweise**

An der Forschungsplanung sind das Direktorium, dem der Vorstand und die Direktoren der Institute des FZD angehören, der Wissenschaftlich-Technische Rat und alle leitenden Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler (Abteilungs- und Projektleiter/-innen) des FZD beteiligt. Eine wichtige Rolle spielen die Empfehlungen des Wissenschaftlichen Beirats. Einmal im Jahr findet für die leitenden Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler eine zweitägige Programmklausur statt, auf der über die mittel- und langfristige Forschungsstrategie des FZD beraten wird. Da alle Forschungsprogramme des FZD auf größere Forschungs- und Nutzergeräte zurückgreifen, deren Planung, Aufbau, Inbetriebnahme, Nutzung und Weiterentwicklung auf einer Zeitskala von 10 bis 15 Jahren ablaufen, erfordert die Programmstruktur der Forschung des FZD mittel- bis langfristige Realisierungszeiträume. Die Planung der einzelnen FE-Vorhaben einschließlich der notwendigen finanziellen und personellen Ressourcen



auf der Grundlage der Programme umfasst jeweils einen Zeitraum von fünf Jahren und wird jährlich aktualisiert.

Die wissenschaftliche Arbeit wird intern regelmäßig durch den mit externen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern besetzten Wissenschaftlichen Beirat nach den „Kriterien für die Evaluierung von Einrichtungen der Leibniz-Gemeinschaft“ bewertet. Grundlage für die Erstellung des alle drei Jahre fälligen schriftlichen Berichts sind turnusmäßige Bewertungen der Forschungsprogramme (früher der Institute) des FZD. Diese Evaluierungen münden jeweils in spezifische Bewertungsberichte mit entsprechenden Empfehlungen. Dabei obliegt dem FZD die Verpflichtung, zur nächsten Sitzung des Wissenschaftlichen Beirats zur Umsetzung dieser Empfehlungen Stellung zu nehmen. In den Jahren 2004 bis 2007 wurden das Institut für Strahlenphysik (März 2004, damals: Institut für Kern- und Hadronenphysik), das Institut für Radiochemie (November 2004), das Institut für Sicherheitsforschung (April 2005), das Arbeitsgebiet Halbleiterspektroskopie (November 2005), das Programm „Struktur der Materie“ (April 2006) und das Programm „Lebenswissenschaften“ (November 2006) durch den Beirat evaluiert.

Daneben wird die Nutzung und Weiterentwicklung der Strahlungsquelle ELBE, des Ionenstrahlzentrums, des Hochfeld-Magnetlabors Dresden und des PET-Zentrums durch spezielle Beiräte begutachtet. Die Arbeiten an der Rossendorf Beamline ROBL an der ESRF Grenoble werden alle drei Jahre im Auftrag des Scientific Advisory Committee der ESRF begutachtet. Für die Thermohydraulik-Versuchsanlage TOPFLOW besteht nach Aussage des FZD derzeit keine Notwendigkeit für ein solches Beratergremium, da die Experimentierzeit bis zum Jahr 2011 durch Projekte des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie und ein Konsortialprojekt zu PTS (pressurized thermal shock)-Experimenten ausgelastet ist. In diesem Rahmen erfolgt eine regelmäßige Begutachtung durch den zuständigen Projektträger bzw. durch das Governing Board.

Die externe Bewertung von Instituten der Leibniz-Gemeinschaft erfolgt in der Regel durch den Leibniz-Senat nach den „Kriterien für die Evaluierung von Einrichtungen

der Leibniz-Gemeinschaft“. Das FZD ist bisher allerdings nur durch den Wissenschaftsrat (1991<sup>8</sup>, 1993<sup>9</sup> und 2000<sup>10</sup>) bewertet worden.

Die wichtigste gemeinsame wissenschaftliche Veranstaltung des FZD stellt das Zentrumskolloquium dar. Dabei sollen etwa vier- bis fünfmal pro Jahr allgemein interessierende Themen in für möglichst alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter verständlicher Form vorgestellt werden. Nach Einführung des „FZD-Fellow-Programms“ kommt hinzu, dass diese ausgewählten hochrangigen ausländischen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ebenfalls einen an ein breiteres Publikum gerichteten Vortrag auf ihrem Gebiet halten. Als thematische Veranstaltung wird das FZD-weite Seminar "Molecular Life Sciences and Imaging" durchgeführt. Darüber hinaus gab es allein im Jahr 2006 nahezu 50 wissenschaftliche Kolloquien der Institute des FZD, zu denen alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des FZD sowie auswärtige Gäste eingeladen waren.

Außerdem findet seit 2006 einmal monatlich eine Ringvorlesung („FZD-Lectures“) für alle Doktorandinnen und Doktoranden und interessierte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des FZD statt, in der führende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des FZD ihre Arbeitsgebiete vorstellen bzw. übergreifende Fragen wie die Beantragung und das Management von Drittmittelprojekten, die Anmeldung von Patenten u. ä. behandelt werden.

Der Hauptinteressent an der Arbeit des FZD ist nach eigenen Angaben die internationale Scientific Community. Darüber hinaus informieren sich die nationalen und internationalen wissenschaftlichen Kooperationspartner des FZD, die Nutzer der größeren Forschungsanlagen des Zentrums und die Partner aus der Industrie über die Arbeiten des FZD. Universitäten und Hochschulen sind ebenfalls an der Forschungstätigkeit des FZD und der Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses interessiert. Auf dem Gebiet der Politikberatung spielen vor allem die Sicherheit von Kernkraftwerken, eine möglichst umweltverträgliche nukleare Entsorgung sowie Fragen der besseren Erkennung und Behandlung von Krebserkrankungen eine wichtige Rol-

---

8 Wissenschaftsrat: Stellungnahmen zu den außeruniversitären Forschungseinrichtungen der ehemaligen Akademie der Wissenschaften der DDR auf dem Gebiet der Physik, Köln 1992, S. 69-93.

9 Wissenschaftsrat: Stellungnahme zum Forschungszentrum Rossendorf (FZR), in: Empfehlungen und Stellungnahmen 1994, Bd. II, Köln 1994, S. 183-216.

10 Wissenschaftsrat: Stellungnahme zum Forschungszentrum Rossendorf (FZR), Dresden, in: Stellungnahmen zu Instituten der Blauen Liste sowie zum Aufnahmeantrag des Hans-Knöll-Instituts für Naturstoff-Forschung in die Blaue Liste, Bd. XI, Köln 2001, S. 97-173.

le. Die Arbeiten des FZD finden auch Resonanz bei Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden sowie Ingenieurbüros und Gutachtern.

An den wissenschaftlichen Themen des FZD wird auch an anderen Instituten in Deutschland, Europa und weltweit geforscht. Dabei hat das FZD nach eigener Aussage innerhalb dieser Themen ein eigenes Profil entwickelt und weist eine Reihe von Alleinstellungsmerkmalen auf. Typisch für das FZD sind u. a. die Nutzung größerer Forschungsgeräte und der Umgang mit radioaktiver Strahlung. Diese Forschungsinfrastrukturen werden von den Kooperationspartnern des FZD, insbesondere auch von Hochschulen, intensiv genutzt. Die Forschungsschwerpunkte des Programms „Struktur der Materie“ werden in Deutschland an mehreren Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen, darunter an Zentren der Helmholtz-Gemeinschaft, bearbeitet.<sup>11</sup> Im europäischen Rahmen<sup>12</sup> beschäftigen sich Einrichtungen in Frankreich, Großbritannien, Schweden und der Schweiz mit ähnlichen Thematiken. Den Forschungsthemen des Programms „Lebenswissenschaften“ widmen sich einige Zentren der Helmholtz-Gemeinschaft sowie mehrere Universitätskliniken,<sup>13</sup> allerdings mit deutlich anderer Schwerpunktsetzung. Neben einigen europäischen Ländern<sup>14</sup> benennt das FZD vor allem Forschungseinrichtungen in Japan und den

- 
- 11 Hahn-Meitner-Institut, Berlin; Heinrich-Hertz-Institut, Berlin; Max-Born-Institut, Berlin; Paul-Drude-Institut, Berlin; Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik, Braunschweig; Gesellschaft für Schwerionenforschung Darmstadt; Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik, Dresden; Max-Planck-Institut Chemische Physik fester Stoffe, Dresden; Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie, Erlangen; Institut für Halbleiterphysik Frankfurt/Oder; Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik, Freiburg; Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg; Forschungszentrum Jülich; Forschungszentrum Karlsruhe; Karlsruhe Institute of Technology; Institut für Oberflächenmodifizierung, Leipzig; Leibniz-Institut für Oberflächenmodifizierung, Leipzig; Max-Planck-Institut für Quantenoptik, München; Infineon Technologies AG, Neubiberg; RWTH Aachen; Universität Augsburg; Humboldt-Universität Berlin; Universität Bochum; TU Braunschweig; Universität Düsseldorf; Universität Duisburg-Essen; Universität Frankfurt; Universität Giessen; Universität Göttingen; Universität Jena; Universität Kaiserslautern; Universität zu Köln; Universität Konstanz; Universität München; Universität Münster; Universität Stuttgart; Beschleuniger-Laboratorium der Münchner Universitäten.
- 12 **Belgien:** Institute for Reference Materials and Measurements, Geel; IMEC, Leuven; **Dänemark:** Universität Aarhus; **Frankreich:** CLIO; Centre national de la recherche scientifique, Centre d'Elaboration de Matériaux. et d'Etudes Structurales, Toulouse; Labor für Elektronik und Informationstechnologien, Grenoble; Centre national de la recherche scientifique/Université Paris-Sud Orsay; LSGS, École des Mines Nancy; Laboratoire d'Optique Appliquée, Palaiseau; Laboratoire pour l'Utilisation des Lasers Intenses, Paris; GANIL, Caen; Commissariat à l'Énergie Atomique-Centre Interdisciplinaire de Recherche Ion Lasers, Caen; Laboratoire des Collisions Atomique et Moleculaires, Paris; **Großbritannien:** University of Salford; University of Glasgow; University of Cambridge; Queens University Belfast; Imperial College, London; Rutherford Appleton Laboratory, Didcot; **Italien:** Universität Trento; National Council of Research; Institute for Microelectronics and Microsystems; Universität Catania; Universität Padova; Università di Genova; Universität Mailand; **Niederlande:** FELIX; Interuniversity Microelectronics Centre Leuven; NXP-Philips; Universität Utrecht; Universität Groningen; **Österreich:** Technische Universität Wien; **Schweden:** Universität Uppsala; Universität Linköping; Universität Lund; Universität Stockholm; **Schweiz:** CERN; ETH-Zürich; **Spanien:** Universität Barcelona; Universidad Autónoma de Madrid; **Ungarn:** Institute for Technical Physics and Materials Science Budapest.
- 13 Technische Universität Dresden und Universitätsklinikum Dresden; Deutsches Krebsforschungszentrum Heidelberg/ Universität Heidelberg; Nuklearmedizinische Kliniken Heidelberg, Ulm und Tübingen; Nuklearmedizinische Klinik München; Forschungszentrum Jülich; Heidelberger Ionentherapie-Anlage; Universität Homburg; Gesellschaft für Schwerionenforschung, Darmstadt; Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Neuherberg; Freie Universität Berlin; Universität Freiburg.
- 14 **Finnland:** National PET Center Turku; **Frankreich:** CEA - Service Hospitalier Frédéric Joliot, Orsay; Universität Paris, Boinigny; **Großbritannien:** GrayLab, Northwood; University of Oxford; **Österreich:** Universität Innsbruck; **Schweden:** Karolinska Institute, Stockholm; **Schweiz:** Paul Scherrer Institut.

USA,<sup>15</sup> die sich mit ähnlichen Themen beschäftigen. Auf den Arbeitsgebieten des Programms „Umwelt und Sicherheit“ wird auch an mehreren Einrichtungen in Deutschland,<sup>16</sup> Europa<sup>17</sup> – hier vor allem in Frankreich und der Schweiz – und auch weltweit<sup>18</sup> geforscht.

Nach Angaben des FZD wurden die Satzungsziele erreicht. Das FZD erbringt aus eigener Sicht international anerkannte Forschungsleistungen und benennt als herausragende Ergebnisse der letzten Jahre:

- die Entwicklung von in beam PET-Techniken für die Qualitätssicherung der Ionenstrahltherapie,
- die Entwicklung eines radiolyse-resistenten, hochstabilen Chelators für das Radiometall <sup>188</sup>Re,
- die Erkenntnis, dass Tumore mit höherer Zuckeraufnahme eine höhere Strahlendosis zur lokalen Therapie benötigen,
- der erstmalige experimentelle Nachweis der Magneto-Rotations-Instabilität in magnetisierten, rotierenden Plasmen,
- die Aufklärung der Wechselwirkung von Actiniden mit dem endlagerrelevanten Bakterienstamm *Desulfovibrio äspöensis*,
- die Entwicklung eines UV-Emitters auf Silizium-Basis sowie eines neuartigen großflächigen Terahertz-Emitters,
- die Anwendung des Mittelenergie-Ionenbeschusses zur Relaxation der inneren Schichtspannung in praxisnahen Abscheideverfahren,
- der erstmalige Nachweis der magnetfeldinduzierten Veränderung der Ladungsträgerdichte in einem Metall,

---

15 **Japan:** National Institute of Radiological Sciences, Chiba; Hyogo Ion Beam Medical Center, Kyoto; Institutionen in **Kanada:** **USA:** Washington University, School of Medicine St. Louis; University of California, Los Angeles; Stanford University, Palo Alto; Massachusetts General Hospital, Harvard University, Boston; Case Western Reserve University, Cleveland; Yale University New Haven; Rockefeller University New York; State University New York at Stony Brook.

16 Forschungszentrum Jülich; Forschungszentrum Karlsruhe; TU München; Universität Mainz; Universität Hannover; Gesellschaft für Reaktorsicherheit; Bundesanstalt für Geologie und Rohstoffe; RWTH Aachen; Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit, Köln; Universität Stuttgart; ANSYS Germany GmbH; TU Ilmenau; Institut für Kristallzüchtung, Berlin; Weierstraß-Institut für Angewandte Stochastik, Berlin; Universität Erlangen; Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie Erlangen; TU Berlin.

17 **Belgien:** SCK/CEN Mol; **Finnland:** Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus, Espoo; **Frankreich:** Commissariat à l'énergie atomique; CEA und Electricité de France; Elaboration par Procédés Magnétiques - MADYLAM Grenoble; Laboratoire de Geophysique Interne et de Tectonophysique Grenoble; École normale supérieure Lyon; CEA Cadarache; **Großbritannien:** University of Cambridge; University of Coventry; University of Manchester; University of Birmingham; **Lettland:** Institut für Physik Riga; **Schweiz:** Paul Scherrer Institut.

18 **China:** University Shanghai; University Northeastern Shenyang; University Dalian; **Japan:** Japan Atomic Energy Research Institute; Tokyo Institute of Technology; Nagoya University; Tohoku University Sendai; **Südkorea:** Korean Atomic Energy Research Institute; **USA:** Oak Ridge National Laboratory; University of California, Berkeley; Brookhaven National Laboratory, New York; Idaho National Laboratory; Purdue University; Princeton University.

- die theoretische Interpretation der Modifikation der spektralen Verteilung der omega-Mesonen in Kernmaterie,
- die Beschreibung disperser Blasenströmungen in vertikalen Rohren mit Hilfe separater Impulsgleichungen für verschiedene Blasengrößengruppen.

Im FZD wurden in den letzten Jahren Forschungseinrichtungen aufgebaut und in Betrieb genommen bzw. erweitert, die nach Angaben des Forschungszentrums unikale Experimentiermöglichkeiten bieten:

- Hochfeld-Magnetlabor Dresden in Verbindung mit den Freien Elektronen Lasern an der Strahlungsquelle ELBE,
- Zeitstruktur und Intensität der Sekundärstrahlung an der supraleitenden Strahlungsquelle ELBE mit der Möglichkeit des Betriebs im cw-mode, wodurch die erreichten mittleren Strahlleistungen des Elektronenstrahls und der Sekundärstrahlung im speziellen Wellenlängenbereich konkurrenzlos seien,
- gepulste Photoneutronenquelle an ELBE, die für die Messung von Neutronen-Transmutationsquerschnitten eingesetzt werden könne,
- zukünftige Kombination eines 100 TW-Lasers mit einem Elektronenbeschleuniger, die weltweit einmalig sei und vollkommen neuartige Experimente zulassen werde,
- Laboranlage für die Blitzlampentemperatur im Bereich von 0,5 bis 20 ms,
- Anlagen für die simultane Zweistrahl-Ionenimplantation,
- Thermohydraulik-Versuchsanlage TOPFLOW in Verbindung mit der Zweiphasenmesstechnik (Gittersensoren), der schnellen Röntgentomographie und der Theorie,
- Materialprüflabor (Heiße Zellen) für die mechanische Prüfung bestrahlter Leichtwasserreaktor-Werkstoffe (einmalig außerhalb der Industrie) in Verbindung mit Mikrostrukturuntersuchungen (Kleinwinkelstreuung) zur Aufklärung der strahlungsbedingten Alterungsmechanismen.

#### **A.IV. Organisation und Ausstattung**

Das FZD wurde zum 1. Januar 1992 als eine gemeinsam vom Bund und den Ländern finanzierte außeruniversitäre Einrichtung gegründet. Der Verein führt den Namen „Forschungszentrum Dresden-Rossendorf e.V.“. Die Organe des Vereins sind die Mitgliederversammlung, das Kuratorium, der Vorstand und der Wissenschaftliche Beirat.

Die Mitgliederversammlung findet mindestens einmal jährlich statt. Sie beschließt Satzungsänderungen, wählt aus ihrer Mitte ein Kuratoriumsmitglied, ggf. ein weiteres sachverständiges Kuratoriumsmitglied sowie sachverständige Prüferinnen und Prüfer für den Jahresabschluss und entscheidet über Anträge zur Auflösung des Vereins. Der Mitgliederversammlung gehören 14 stimmberechtigte sowie zwei nicht stimmberechtigte Mitglieder an; dies sind eine Vertreterin des Freistaats Sachsen, der Wirtschaftsbürgermeister von Dresden, der Prorektor für Wissenschaft der Technischen Universität Dresden, der Rektor der Hochschule für Technik und Wirtschaft, der Wissenschaftliche und der Kaufmännische Direktor des FZD, zwei Mitglieder als Person, drei Gründungsmitglieder des FZD, drei Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des FZD und zwei Ehrenmitglieder.

Das Kuratorium bestimmt die Richtlinien der Tätigkeiten des Vereins und entscheidet in allen grundsätzlichen Angelegenheiten. Dem Kuratorium gehören drei Vertreterinnen/Vertreter des Landes, drei des Bundes, ein von der Mitgliederversammlung gewähltes Mitglied des Vereins und ggf. eine Sachverständige/ein Sachverständiger an. Der Vorstand des Vereins und der Vorsitzende des Wissenschaftlichen Beirats nehmen an den Sitzungen des Kuratoriums mit beratender Stimme teil. Das Kuratorium tritt mindestens zweimal jährlich zusammen.

Der Vorstand besteht aus einem Wissenschaftlichen und einem Kaufmännischen Direktor. Sie werden vom Kuratorium für die Dauer von fünf Jahren gewählt; Wiederwahl ist zulässig. Der Vorstand leitet gemeinsam den Verein und führt die laufenden Geschäfte. Er hat das Kuratorium in allen wichtigen Angelegenheiten zu unterrichten. Der Wissenschaftliche Vorstand ist gemeinsam mit der Technischen Universität Dresden für das Fach Experimentalphysik/Quantenoptik nach dem Jülicher Modell berufen.

Der Wissenschaftliche Beirat besteht aus mindestens sechs, höchstens zwölf externen Mitgliedern (Stand 1.7.2005: zehn Mitglieder). Sie werden im Benehmen mit dem Vorstand vom Kuratorium berufen. Die Amtsperiode der Mitglieder beträgt drei Jahre, eine Wiederwahl ist zulässig. Der Wissenschaftliche Beirat berät das Kuratorium und den Vorstand in wichtigen wissenschaftlichen, technischen und organisatorischen Fragen. Er erarbeitet Vorschläge und Empfehlungen zu den vom Verein zu bearbeitenden Forschungsfeldern und zu dessen Arbeitsplanung. Er bewertet periodisch – in

der Regel innerhalb von drei Jahren – alle Forschungsleistungen und Arbeitspläne des gesamten Zentrums in einem schriftlichen Bericht. Zuletzt hat der Wissenschaftliche Beirat das FZD im April 2006, im November 2006 und im Juni 2007 evaluiert. Dies schließt die Begutachtung der Nutzung und Weiterentwicklung des PET-Zentrums mit ein.

Weiterhin verfügt das FZD über Beiräte für die einzelnen Forschungsanlagen. Diese sind das Scientific Advisory Committee (SAC) für die Strahlungsquelle ELBE, das SAC für das Ionenstrahlzentrum, das Scientific Technical Advisory Committee für das Hochfeld-Magnetlabor Dresden und der Wissenschaftliche Beirat des PET-Zentrums. Die Mitglieder werden vom Vorstand als dessen Beratungsgremium ebenfalls für jeweils drei Jahre berufen. Sie befassen sich sowohl mit grundsätzlichen Fragen des Forschungsprogramms an den Geräten, mit deren Betriebsregime, mit den Plänen für die künftige Entwicklung sowie mit den eingereichten Nutzungsanträgen. In Bezug auf die Nutzungsanträge geben sie Empfehlungen zur Experimentierzeitvergabe.

Das FZD als Institut der Leibnizgemeinschaft erhält seine Zuwendungen jeweils hälftig vom Bund und von den Ländern. Die Zuwendung gemäß der Ausführungsvereinbarung Forschungseinrichtungen betrug im Jahr 2005 54,472 Mio. Euro (Ist). Davon entfielen auf die Zuwendungen für den Betrieb 33,889 Mio. Euro und auf Investitionen 20,583 Mio. Euro. Von diesen Zuwendungen für Investitionen entfielen 6,296 Mio. Euro auf den Aufbau des Hochfeld-Magnetlabors, 6,761 Mio. Euro auf das Forschungs- und Entwicklungsprogramm, 2,678 Mio. Euro auf die Infrastruktur und 4,848 Mio. Euro auf Bau und Sanierung am Standort.

Das FZD hat 2006 10,38 Mio. Euro (2005: 7,49 Mio. Euro; 2004: 8,57 Mio. Euro) Drittmittel eingeworben. Die Drittmittel der Jahre 2004 bis 2006 stammen zu 28,4 % von der Europäischen Union, zu 27,0 % aus der Wirtschaft, zu 24,2 % vom Bund, zu 18,2 % von der Deutschen Forschungsgemeinschaft, zu 1,7 % von Landes- bzw. Länderseite, zu 0,3 % von Sonstigen und zu 0,2 % aus Stiftungen.

Der Stellenplan weist insgesamt 399,0 Stellen aus, 131,0 für wissenschaftliches Personal (davon sind 130,1 besetzt) und 268,0 Stellen für nichtwissenschaftliches Personal (davon sind 263,03 besetzt). Weiterhin verfügt das FZD über institutionelle Personalmittel unabhängig vom Stellenplan (Annexstellen), aus denen in 2007 weite-

re 47,6 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter (Vollzeitäquivalente) finanziert wurden. Aus Drittmitteln wurden 88,4 vollzeitäquivalente Beschäftigungsverhältnisse finanziert, 94 % davon zeitlich befristet.

Im Jahr 2007 (Stand 31.3.2007) hatte das FZD insgesamt 649 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter (Köpfe), davon sind 239 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler (219 im wissenschaftlichen Bereich und 20 in den Zentralabteilungen „Technischer Service“ und „Verwaltung“ sowie im Stab), 79 Doktorandinnen und Doktoranden und 331 nichtwissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Von den 219 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern im wissenschaftlichen Bereich (inklusive drittmittelfinanzierten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, ohne Doktorandinnen und Doktoranden) sind 20 (9,1 %) weiblich. Das Durchschnittsalter dieser 219 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler beträgt 45,1 Jahre. 214 haben einen Universitäts- oder Hochschulabschluss, 5 haben eine Fachhochschule absolviert. 165 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter haben promoviert und 22 haben sich habilitiert. Da das FZD im Jahr 1992 gegründet wurde, ist formal keine Wissenschaftlerin und kein Wissenschaftler mehr als 20 Jahre am Institut, 63<sup>19</sup> sind zwischen 15 und 19 Jahren, 30 zwischen 10 und 14 Jahren, 31 zwischen 5 und 9 Jahren und 95 weniger als 5 Jahre im FZD.

Die Stellen werden grundsätzlich überregional, zum Teil auch weltweit ausgeschrieben. Die Berufung des Wissenschaftlichen und des Kaufmännischen Direktors sowie die der Direktorinnen und Direktoren der Institute erfordern die Genehmigung des Kuratoriums. Das Verfahren für die Besetzung der Stellen des Wissenschaftlichen Direktors, der Leitung der Institute des FZD und der Leitung der Abteilung Positronen-Emissions-Tomographie im Institut für Radiopharmazie ist im Vertrag über gemeinsame Berufungen mit der TU Dresden nach dem Jülicher Modell geregelt. Berufungsähnliche Verfahren mit externen Gutachten gelten auch für die Besetzung der übrigen Leitungsfunktionen.

Doktorandinnen und Doktoranden gewinnt das FZD überwiegend von der TU Dresden (2006: 40 %), teils von anderen deutschen Universitäten (2006: 18 %), zunehmend auch von Fachhochschulen (2006: 15 %), aber auch aus aller Welt (2006: 27 %). Auf dem Gebiet der Radiochemie sieht das FZD die Gewinnung von Prakti-

---

19 Diese 63 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler waren bereits im Zentralinstitut für Kernforschung Rossendorf beschäftigt.



kant(inn)en, Diplomand(inn)en sowie Doktorand(inn)en als problemlos an. Bewerbungen dazu kommen vor allem aus dem sächsischen Umfeld, aber auch deutschlandweit. Eine hohe Anfragezahl (Doktorandenstellen) ist aus den arabischen Ländern, Indien, Pakistan, China, Russland und den Nachfolgestaaten der ehemaligen Sowjetunion zu verzeichnen. Im Bereich der Kerntechnik werden ausreichend qualifizierte Doktorandinnen und Doktoranden vorwiegend aus Tschechien, Ungarn und der Ukraine gewonnen. Hinzu kommen Absolventinnen und Absolventen von der TU Dresden. Für das Gebiet der Magnetohydrodynamik interessieren sich besonders Absolventinnen und Absolventen aus Lettland und China.

Zu Schwierigkeiten kann es nach Angaben des FZD dagegen bei der Einstellung von erfahrenen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, vornehmlich aus dem Hochschulbereich oder aus anderen Forschungseinrichtungen, sowohl in Abhängigkeit vom Fachgebiet als auch von der Vergütung – insbesondere für Drittmittel- und befristete Haushaltsstellen, zumal im Kontext des neu eingeführten TV-L – kommen. Fachgebiete, auf denen es nach Aussage des FZD im Moment schwierig ist, qualifizierte promovierte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zu gewinnen, sind Physik, Informatik, Medizinphysik, Strahlenbiologie, Radiochemie und Kerntechnik. In der Kerntechnik kommen die Postdocs und die Projektmitarbeiterinnen und -mitarbeiter vornehmlich aus Frankreich, Großbritannien, den Niederlanden, Ungarn und Italien. Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, die von deutschen Universitäten und Hochschulen oder anderen Forschungszentren in das FZD kommen, sind in der Minderheit.

Das FZD weist darauf hin, dass es zunehmend Probleme hat, erfahrene Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zu halten. Dies gilt insbesondere in der nuklearen Sicherheitsforschung. Gründe sind vor allem die fehlende Perspektive auf Festanstellung und die noch immer niedrigere Entlohnung in den ostdeutschen Bundesländern. Mit der Einführung des Tenure Track bietet das FZD hoch qualifizierten Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftlern eine attraktive Perspektive für eine langfristige Beschäftigung im FZD an.

Das FZD verfügt über rund 65 Gebäude, von denen etwa 30 für die wissenschaftlichen Arbeiten genutzt werden. Die anderen stellen die technischen Rahmenbedingungen sicher. Die Gebäude sind in den vergangenen 50 Jahren zu unterschiedlichen Zeiten erbaut worden und damit auch in unterschiedlichem Sanierungs- bzw.

Ausrüstungszustand. Die Mehrzahl der Gebäude beherbergen sowohl Büro- als auch Labor- und Werkstattflächen. Reine Laborgebäude gibt es im Forschungszentrum nur fünf, reine Bürogebäude drei.

Generell sind inzwischen alle Laborflächen nach modernen Gesichtspunkten ausgestattet. Das betrifft sowohl die Medienversorgung als auch die Kühlung, soweit das gerätetechnisch notwendig ist. Die aufwändige Gebäudetechnik wird regelmäßig präventiv gewartet, so dass keine signifikanten Ausfälle im Dauerbetrieb zu verzeichnen sind. Sensitive Bereiche, insbesondere Strahlenschutzbereiche, sind an zentrale Netzersatzanlagen (Notstrom) angeschlossen. Zusätzlich werden punktuell unterbrechungsfreie Stromversorgungen bereitgestellt.

Die Ausstattung mit Personal- und Sachmitteln entspricht nach Angaben des FZD in etwa dem Bedarf. Die Ausstattung mit Investitionsmitteln für Geräte und Anlagen wird dagegen seitens des FZD als verbesserungsbedürftig angesehen. Das FZD verfügt über ein installiertes Anlagevermögen (ohne Bau) von rd. 150 Mio. Euro Anschaffungswert. Bei einer Erneuerungsquote von 10 % pro Jahr würde das jährlichen Ersatzinvestitionen in Höhe von 15 Mio. Euro entsprechen, real betragen die FE-Investitionen in 2006 7,9 Mio. Euro (2005: 6.8 Mio. Euro; 2004: 4,6 Mio. Euro).

Das FZD führt Kosten-Leistungs-Rechnungen (KLR) durch und nutzt dieses als Führungsinstrument des Vorstands, welches ihm Informationen darüber liefert, wofür die verbrauchten Mittel im Ergebnis ausgegeben wurden. Auch für die Kalkulation von Projekten der Europäischen Union und der Industrie, die nach Vollkosten abgerechnet werden, ist die KLR nach Erfahrung des FZD unverzichtbar.

Im FZD gibt es eine leistungsbezogene Mittelvergabe. Dabei wird ein wachsender Anteil der Mittel (im Jahr 2007: 20 %) für sächliche Verwaltungsausgaben sowie für Investitionen im Bereich Forschung und Entwicklung nach leistungsabhängigen Kriterien vergeben. Die Mittelvergabe nach leistungsabhängigen Kriterien betrifft die strategische Investitionen, Kleininvestitionen bis 100 T Euro und sächliche Verwaltungsausgaben. Als Kriterien werden Artikel in referierten Zeitschriften pro Wissenschaftler/-in (grund- und drittmittelfinanzierte Wissenschaftler/-in ohne Doktorand(inn)en in VZÄ ohne zugeordnete Wissenschaftler/-in anderer Struktureinheiten), Drittmittel pro Wissenschaftler/-in, Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses (Doktorand(inn)en und Diplomand(inn)en) pro Wissenschaftler/-in sowie Ideen und Initiati-

ven (neue Versuchseinrichtungen, neue Themen, Anträge auf Sonderforschungsbereiche, Exzellenzcluster, Projekte im wettbewerblichen Verfahren der Leibniz-Gemeinschaft innerhalb des Paktes für Forschung und Innovation, strategische Industriekooperationen, externe Nutzung der Großgeräte u. ä.) herangezogen. Dabei ist die Bewertung der Rubrik „Ideen und Initiativen“ Gegenstand der Diskussion im Direktorium.

Die Mittel für Forschungsprojekte werden im Rahmen der Programmbudgets (Position „F&E-Investitionen“) zentral durch den Vorstand nach vorheriger Diskussion im Wissenschaftlich-Technischen Rat vergeben. Für neue und innovative Projekte während des laufenden Jahres wird vom Vorstand ein Betrag in Höhe von ca. 500 T Euro vorgehalten. Kriterien für die Mittelvergabe sind die wissenschaftliche Aktualität des Projekts, Beitrag zur Verstärkung der Kohärenz des Forschungsprogramms des FZD, Grad der damit verbundenen institutsübergreifenden bzw. interdisziplinären Zusammenarbeit sowie Einordnung in das regionale, nationale und internationale wissenschaftliche Umfeld.

Das FZD würde einen Globalhaushalt bevorzugen, da damit bürokratische Hemmnisse verringert und Flexibilität eingeführt würden. Ein großes Hemmnis für eine wirtschaftliche Mittelverwendung liegt nach Meinung des FZD allerdings in der fehlenden Überjährigkeit der Haushalte.

#### **A.V. Veröffentlichungen, Tagungen, Patente und Ausgründungen**

Die Ergebnisse der Forschungsarbeiten des FZD werden durch Publikationen in wissenschaftlichen Fachzeitschriften sowie durch Vorträge und Poster auf Konferenzen, Workshops und in Kolloquien vorgestellt. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des FZD haben im Jahr 2006

- 1 Monographie (2005: 2; 2004: 0)
- 132 Beiträge zu Sammelwerken (im Fremdverlag) (2005: 147; 2004: 126)
- 333 Aufsätze in referierten Zeitschriften und 53 referierte Proceedings auf dem Gebiet der Sicherheitsforschung (2005: 350 + 50; 2004: 299 + 39)
- 4 Aufsätze in nichtreferierten Zeitschriften (2005: 4; 2004: 7)
- 34 Beiträge zu Publikationen im Eigenverlag (2005: 25; 2004: 24)

publiziert. In den Jahren 2004 bis 2006 haben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des FZD mit insgesamt 1.225 Vorträgen (2006: 455; 2005: 390; 2004: 380) und 409 Postern an 1.253 auswärtigen Fachtagungen teilgenommen. Darunter fanden 229 Einladungen auf Kosten des Veranstalters statt.

Insgesamt war das FZD in der Zeit von 2004 bis 2006 Gastgeber von 31 größeren nationalen und internationalen wissenschaftlichen Veranstaltungen mit Teilnehmerzahlen zwischen 15 und 320.

Aufgaben und Forschungsergebnisse des FZD werden von der Presse- und Öffentlichkeitsarbeit, die mit zwei Stellen besetzt ist, durch geeignete Veranstaltungen wie z. B. „Tag des offenen Labors“ im FZD, „Dresdner Lange Nacht der Wissenschaften“ an der TU Dresden, „Tag der offenen Tür“ im Gläsernen Regierungsviertel oder auch dem Parlamentarischen Abend der Leibniz-Gemeinschaft, durch einen aktuellen Internetauftritt sowie durch Pressearbeit einer breiten Öffentlichkeit vorgestellt. Dabei ist die Pressearbeit ein wichtiges Instrument für die Vermittlung von Forschungsergebnissen in die Gesellschaft. Pro Jahr versendet das FZD ca. 30 Pressemitteilungen an regionale und überregionale Zeitungsredaktionen. Das FZD ist bestrebt, nachhaltige Kontakte zu Wissenschaftsjournalisten in Deutschland und darüber hinaus herzustellen und zu pflegen, um so Themen mit Relevanz für den Technologietransfer zu publizieren und auch potentielle Industriepartner und die technisch interessierte Öffentlichkeit über Innovationen zu informieren.

Bei im Durchschnitt ein bis zwei Führungen pro Woche für Besuchergruppen (insgesamt ca. 1.700 Besucher pro Jahr) sowie speziellen Programmen für Schülerinnen und Schüler stellt das FZD wissenschaftliche Inhalte vor, wird aber auch als attraktiver Arbeitgeber von potentiell wissenschaftlichem und technischem Nachwuchs wahrgenommen. Informationsmaterial in Form von Faltblättern, Broschüren, Newslettern und FZD-Jahresberichten wird von der Presse- und Öffentlichkeitsarbeit herausgegeben. Der Internetauftritt soll darüber hinaus Informationen möglichst aktuell und zielgruppenorientiert präsentieren.

An Patenten hat das FZD 2007 (Stand: Ende Juni) neun eingereicht und zehn erteilt bekommen (2006: 14 angemeldet, 18 erteilt; 2005: 13 angemeldet, 14 erteilt; 2004: 22 angemeldet, 12 erteilt). Der Vorstand stellt für die Anmeldung und das Halten von Patenten erforderlichen Haushaltsmittel bereit. Er verfolgt die Strategie, durch die Bil-

derung von Familien von Schlüsselpatenten die Attraktivität des FZD für industrielle Partner zu erhöhen. Die Patentkosten betragen in 2007 (Stand: Ende Juni) 48,8 T Euro (2006: 69,9 T Euro; 2005: 56,6 T Euro; 2004: 62,2 T Euro), die Einnahmen beliefen sich in 2007 (Stand: Ende Juni) auf 62,7 T Euro (2006: 18,8 T Euro; 2005: 33,9 T Euro; 2004: 93,3 T Euro).

Seit der letzten Evaluierung durch den Wissenschaftsrat erfolgte keine Ausgründung aus dem FZD. Im Jahr 2006 starteten aber im Institut für Radiochemie Initiativen auf dem Gebiet der Charakterisierung und biotechnologischen Nutzung von S-Layern von Bakterien und der Kryo-Fluoreszenzmikroskopie.

#### **A.VI. Kooperationen, Beteiligung an der Lehre und Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses**

Das FZD unterhält zahlreiche Kooperationen mit Universitäten, Forschungsinstituten und der Industrie, von denen hier nur die wichtigsten erwähnt werden können.

Der wichtigste universitäre Kooperationspartner des FZD ist die Technische Universität Dresden. Zwischen beiden Einrichtungen wurden im September 1993 ein vom Freistaat Sachsen mit unterzeichneter Kooperationsrahmenvertrag, der die Zusammenarbeit auf den Gebieten Forschung, Wissenschaftsentwicklung und Lehre unter Berücksichtigung und Nutzung ihrer sich ergänzenden Ressourcen und Aufgaben grundsätzlich fixiert, sowie eine Vereinbarung über gemeinsame Berufungen abgeschlossen. Des Weiteren bestehen konkrete Vereinbarungen über die Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Positronen-Emissions-Tomographie im PET-Zentrum Rosendorf, über die Nutzung des Neutronenlabors und der Thermohydraulik-Versuchsanlage TOPFLOW. Ferner bestehen Kooperationsverträge auf dem Gebiet der Medizinischen Strahlenforschung in der Onkologie (OncoRay) und über die Gründung des Kompetenzzentrums Ost für Kerntechnik. In die beiden letzten Verträge ist auch die Hochschule Zittau/Görlitz (FH) mit eingebunden.

Als weitere wichtige Partner-Hochschulen in Mitteldeutschland benennt das FZD die Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH), die Hochschule Zittau/Görlitz, TU Bergakademie Freiberg, die Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg und die Friedrich-Schiller-Universität Jena. Mit diesen Einrichtungen bestehen ebenfalls Kooperations- bzw. Forschungsvereinbarungen. Besonders hervorzuheben ist auch die

gemeinsame Forschung des FZD mit den Partnern der HADES (High Acceptance Di-Electron Spectrometer)-Kollaboration (Universitäten Frankfurt am Main, München, Gießen, Darmstadt, Krakow, Mailand), im R<sup>3</sup>B (Reactions with Relativistic Radioactive Beams)-Experiment (TU Darmstadt, Universitäten Mainz, Frankfurt am Main, Kalkutta, Prag) und in FAIR (Facility for Antiproton and Ion Research). Diese Kooperationen seien sehr wichtig, da Experimente an Detektorsystemen dieser Komplexität nur von großen Gruppen vorbereitet, durchgeführt, ausgewertet und publiziert werden können. Außerdem besteht eine enge Zusammenarbeit des FZD mit deutschen Universitäten (Frankfurt am Main, Gießen, Tübingen, Rostock und Darmstadt) im virtuellen Institut „Dichte Hadronische Materie und QCD Phasenübergänge“ sowie in der Infrastructure Initiative auf dem Gebiet der Hadronentheorie (I3HP).

Auch mit außeruniversitären Einrichtungen in Deutschland, in anderen europäischen Ländern und im internationalen Rahmen unterhält das FZD vielfältige Kooperationen, die wichtigsten außeruniversitären Forschungseinrichtungen sind für das FZD nach eigenen Angaben die Max-Planck-Institute für Chemische Physik fester Stoffe sowie für Physik komplexer Systeme in Dresden, die Gesellschaft für Schwerionenforschung in Darmstadt, das Forschungszentrum Karlsruhe, das Institut für Oberflächenmodifizierung in Leipzig, das Institut für Werkstoffforschung in Dresden, das Commissariat à l'Énergie Atomique in Frankreich und das National High Magnetic Field Laboratory in Tallahassee, USA.

Im Bereich der Wirtschaft benennt das FZD ebenfalls eine große Zahl von Firmen, mit denen eine Zusammenarbeit existiert. Hier sind besonders die Kooperationen mit Bayer Schering AG in Berlin, Qimonda in Dresden, Siemens AG Medical Solutions in Erlangen, AREVA NP in Erlangen und Paris und AMD Saxony in Dresden von Bedeutung.

Das FZD beteiligt sich an der Lehre der TU Dresden. 23 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter haben vom Wintersemester 2003/2004 bis Wintersemester 2006/2007 insgesamt 121 Veranstaltungen an der TU Dresden gehalten. Weitere fünf Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter waren an 13 Lehrveranstaltungen an der TU Chemnitz, Universität Leipzig, Universität Freiburg, an der Staatlichen Berufsakademie Riesa und an den Universitäten in Groningen und Kopenhagen beteiligt. Gegenwärtig ist ein weiterer Mitarbeiter als Lehrbeauftragter an der Fachhochschule Osnabrück tätig.

Von 2004 bis 2006 wurden von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des FZD 29 Promotionsarbeiten (23 gemeinsam mit der TU Dresden, drei mit der TU Bergakademie Freiberg und je eine mit der Universität Freiburg, der TU Darmstadt und der TU Prag) und sieben Habilitationen (sechs mit der TU Dresden und eine mit der Université Joseph Fourier, Grenoble) abgeschlossen. Weiterhin haben sechs externe Doktorantinnen und Doktoranden (drei von der TU Dresden, einer von der TU Chemnitz und je einer von der Delft University of Technology und der Purdue University, USA), die nicht vom FZD finanziert wurden, und ein externer Habilitand an der ENS Lyon ihre Arbeiten abgeschlossen.

In den Jahren 2004 bis 2006 haben insgesamt 303 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler<sup>20</sup> aus Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen aus Deutschland, dem europäischen Ausland und aus Übersee als Gastwissenschaftlerinnen bzw. Gastwissenschaftler einen Forschungsaufenthalt am FZD verbracht. Darunter befanden sich 17 Aufenthalte von Humboldt-Stipendiat(inn)en. 25 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des FZD waren im selben Zeitraum insgesamt 27-mal als Gastwissenschaftlerinnen bzw. Gastwissenschaftler an anderen Instituten im Inland und 39 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter 60-mal an anderen Instituten im Ausland tätig. 31 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler haben in 99 verschiedenen wissenschaftlichen oder wissenschaftspolitisch relevanten Gremien im Inland, Ausland und in Übersee mitgearbeitet. 15 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler waren in 40 verschiedenen Organisationskomitees internationaler Konferenzen und Workshops Mitglied. 18 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern wurden insgesamt 19 Preise in den Jahren 2003 bis 2007 verliehen. Hervorhebenswert sind dabei ein IBA-Europhysics Prize für die Optimierung der Bestrahlungsplanung bei der Krebstherapie mit Ionen sowie ein Karl-Wirtz-Preis der Kerntechnischen Gesellschaft für Untersuchungen zum Reaktordruckbehälter in der Spätphase eines Kernschmelzunfalls.

Zwischen 2004 und 2006 haben elf Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler einen Ruf an eine andere Hochschule erhalten. Sieben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler haben den Ruf angenommen und das FZD verlassen, vier haben den Ruf abgelehnt. Außerdem wurden vier Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zu

---

<sup>20</sup> Russland (98 Wissenschaftler), Ukraine (28), Bulgarien (25), Tschechien (22), Polen (19), China (16), Lettland (13), Indien (10), Ungarn (10), Algerien (8), Japan (6), Israel (5), Spanien (5), USA (5), Australien (3), Rumänien (3), Ägypten (2), Brasilien (2), England (2), Portugal (2), Schweden (2), Slowakei (2), Slowenien (2), Türkei (2), Armenien (1), Deutschland (1), Frankreich (1), Griechenland (1), Italien (1), Neuseeland (1), Niederlande (1), Serbien (1), Syrien (1), Thailand (1).

Gastprofessor(inn)en an Hochschulen in Frankreich, Großbritannien und China ernannt.

Im Hinblick auf die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses ist das jährliche mehrtägige Seminar des FZD für Doktorandinnen und Doktoranden zu nennen. An diesem Seminar nehmen alle Doktorand(inn)en, alle Institutsdirektoren, ein Teil der Abteilungs- bzw. Projektleiter/-innen sowie der Vorstand des FZD teil. Daneben gibt es Seminare für Doktorandinnen und Doktoranden innerhalb der Institute unter Anleitung des jeweiligen Direktors bzw. der jeweiligen Direktorin. Ebenso gibt es Doktorand(inn)en - und Literaturseminare in den Abteilungen. Außerdem sind die Doktorandinnen und Doktoranden aufgefordert, auf den Programm-Veranstaltungen ihrer Institute über ihre Arbeiten vorzutragen.

Seit der letzten Evaluierung des Wissenschaftsrates bestanden bzw. bestehen im FZD zehn Nachwuchsgruppen mit den Themen „Halbleiter-Spektroskopie“, „Radio-pharmazeutische Chemie“, „Nukleare Astrophysik“, „Strahlungsinduzierte Zellschädigung“, „Nanoskaliger Magnetismus“, „Computational Fluid Dynamics-Entwicklung“, „Materialphysik mit hochgeladenen Ionen“, „Neutroneninduzierte Prozesse“, „Nano-Spintronics“ und „Theorie der Laser-Plasma-Wechselwirkung“.

## **A.VII. Künftige Entwicklung**

Das FZD ist nach eigenen Angaben ein multidisziplinäres Forschungszentrum, dessen Aktivitäten auf die Schwerpunkte Vorsorge- und Materialforschung gerichtet sind. Seine methodische Kompetenz auf dem Gebiet der Forschung mit Strahlung führe zunehmend zu wissenschaftlichen Synergien innerhalb des FZD, die das Zentrum künftig weiter ausbauen will.

Generell ist das FZD bestrebt, sein Forschungsprogramm zu fokussieren und sich neuen Aufgaben zu stellen. Dafür sollen sieben (*Sicherheit und Effektivität chemischer Prozesse* (wurde bereits 2006 beendet); *Teilchen- und Strahlungstransport* (2007); *PET in der Arznei- und Lebensmittelforschung* (2007); *Radiotracer in der Stoffwechselforschung* (2007); *Nukleare Astrophysik* (2009); *Dünne Schichten* (2010); *Ionen-Festkörper-Wechselwirkung* (2010)) der gegenwärtig 27 FE-Vorhaben bis 2010 beendet werden. Außerdem werden acht FE-Vorhaben (*Neutroneninduzierte Prozesse*; *Radiotracer in der Tumorforschung*; *Radiometalle*; *Tomographie und*



*tumorkonforme Radiotherapie; PET bei der Therapie mit ionisierender Strahlung; Actiniden in Biosystemen; Aquatische Chemie der Actiniden; Wechselwirkung von Actiniden mit Festphasen*) inhaltlich konzentriert und mit modifizierter Zielrichtung weiter verfolgt.

In der Zukunft will sich das FZD auf die Materialforschung und im Bereich der Vorsorge auf die Krebsforschung sowie die Sicherheitsforschung konzentrieren. Die gegenwärtige Institutsstruktur soll grundsätzlich beibehalten werden, da sie sich aus Sicht des FZD als Sitz der wissenschaftlichen und methodischen Kompetenz bewährt hat. Zusätzlich sollen institutsübergreifende Programme innerhalb der drei Forschungsschwerpunkte geschaffen werden, die durch entsprechende Personal- und Sachmittel gefördert werden. Konkret wurden folgende Maßnahmen für die Gestaltung des zukünftigen Forschungsprofils bereits eingeleitet:

- Krebsforschung (jetziges Programm „Lebenswissenschaften“)
  - Fokussierung des Instituts für Radiopharmazie auf die Tumorforschung
  - Fokussierung des Instituts für Strahlenphysik auf onkologische Fragestellungen
  - Einwerbung der Projekte OncoRay und onCOOPtics in Kooperation mit dem Universitätsklinikum Dresden und der Technischen Universität Dresden, der Friedrich-Schiller-Universität Jena und dem Fraunhofer Institut für angewandte Optik und Feinmechanik, Jena
  - Aufbau einer Hochleistungslasergruppe, um neue laserbasierte Beschleunigungsmechanismen für zukünftige medizinische Teilchenbeschleuniger zu untersuchen
- Sicherheitsforschung (jetziges Programm „Umwelt und Sicherheit“)
  - Umschichtung von Kapazitäten aus der nuklearen Astrophysik und der Thermofluidynamik, um eine Gruppe zur Erforschung strahlungsinduzierter Transmutationsszenarien aufzubauen
  - Fokussierung der Actinidenchemie auf Fragen des nuklearen Endlagers
- Materialforschung (jetziges Programm „Struktur der Materie“)
  - Einstellung der FE-Vorhaben *Nukleare Astrophysik, Dünne Schichten* sowie *Ionen-Festkörper-Wechselwirkung*
  - Konzentration des Instituts für Strahlenphysik auf das Studium seltener hadronischer Prozesse im Kontext von FAIR
  - Ausbau des Hochfeld-Magnetlabors Dresden und Ausrichtung auf die Erforschung der elektronischen Struktur von Festkörpern

Bei der Gestaltung des Forschungsprofils sind insbesondere folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Ausrichtung der zukünftigen Forschungsrichtung des Instituts für Ionenstrahlphysik und Materialforschung unter Berücksichtigung einer Neuberufung für eine der Leitungspositionen im Jahr 2010;
- Verwirklichung des Konzepts „Gemeinsames Zentrum für Onkologische Strahlenforschung“ des FZD zusammen mit der TU Dresden und dem Universitätsklinikum Dresden;
- Weiterentwicklung des wissenschaftlichen Programms an ELBE einschließlich der dafür notwendigen technologischen Weiterentwicklung.

Zur Gestaltung seines künftigen Forschungsprofils entwickelt das FZD zurzeit gemeinsam mit seinen Partnern Konzepte mit dem Ziel, aus diesem Prozess als ein herausragend vernetztes, in hohem Maße interdisziplinär arbeitendes, klar strukturiertes, international ausgerichtetes Zentrum hervorzugehen, das Forschung auf höchstem Niveau betreibt und in seinen wichtigsten Kooperationsnetzen eine führende Rolle inne hat.

Das FZD ist gegenwärtig die größte Einrichtung innerhalb der WGL. Aus Sicht des FZD wäre es bei seiner Größe, seinen auf mehreren Gebieten liegenden Forschungsschwerpunkten sowie mit den von ihm betriebenen Großgeräten sehr gut zur Helmholtz-Gemeinschaft passfähig, zumal die Strukturen der WGL durch die Bedürfnisse oft sehr viel kleinerer, auf spezielle Forschungsgebiete fokussierter Einrichtungen geprägt seien.

## **B. Bewertung**

### **B.I. Zur wissenschaftlichen Bedeutung**

Das Forschungszentrum Dresden (FZD) erbringt sehr gute Forschungsleistungen. Es ist national und international hoch angesehen und als Kooperationspartner, auch im Hinblick auf eine Nutzung seiner Großgeräte, viel gefragt. Insgesamt vermittelt es den Eindruck eines sehr dynamischen Forschungszentrums mit hoch motivierten Mitarbeitern, das von einem engagierten Direktor effizient geleitet wird, der die laufende Umstrukturierung zielstrebig vorantreibt.

Seit der Evaluation durch den Wissenschaftsrat im Jahr 2000 hat das FZD sein wissenschaftliches Profil gezielt in Richtung einer Großforschungseinrichtung entwickelt:

- Seit 2004 ordnen sich die Hauptarbeitsrichtungen in die die Einzelinstitute des FZD übergreifenden Programme „Struktur der Materie“, „Lebenswissenschaften“ und „Umwelt und Sicherheit“ ein. Das FZD ist damit strategisch und programmatisch überzeugend aufgestellt. Es bearbeitet langfristige Themen hoher Komplexität, die von der Grundlagenforschung über angewandte Forschung bis hin zum Technologietransfer reichen.
- Zur Durchführung der Forschung konzipiert, entwickelt und nutzt das FZD wissenschaftliche Großgeräteeinrichtungen. Seit der letzten Begutachtung durch den Wissenschaftsrat wurden drei neue Großgeräteeinrichtungen beschafft und installiert, die national und teilweise auch international singulär sind. Die Zahl der Großgeräte im FZD hat sich damit auf sechs verdoppelt (vgl. S. 30-32).

Mit dieser Umstrukturierung hat das FZD eine Entwicklung hin zu einer Forschungseinrichtung genommen, die weniger das Profil einer typischen Einrichtung der Leibniz-Gemeinschaft als vielmehr das eines nationalen Forschungszentrums für naturwissenschaftlich-technische und biologisch-medizinische Fragen besitzt. Hierfür spricht, dass das FZD strategisch und langfristig ausgerichtete Spitzenforschung in politisch und gesellschaftlich relevanten Forschungsgebieten wie der Sicherheits- und Gesundheitsforschung betreibt. Hinzu kommt, dass es um die Erforschung hoch komplexer Systeme geht, die den Einsatz von teilweise singulären Großgeräten und vergleichbaren Geräteinfrastrukturen zwingend erfordern, und die für nationale und

internationale Kooperationspartner offen sind. Diese Ausrichtung der Forschung im FZD legt ein stärkeres förderpolitisches Engagement des Bundes nahe.

Künftig will das FZD sein Forschungsprogramm weiter fokussieren und sich auf die wissenschaftlich, gesellschaftlich und wirtschaftlich hoch relevanten Themen Materialforschung, Krebsforschung und Sicherheitsforschung konzentrieren, die in gleichnamigen Programmen bearbeitet und erforscht werden sollen. Der dafür notwendige Abschluss und die inhaltliche Neuausrichtung einer Reihe von FE-Vorhaben laufen bereits, bis Ende 2010 sollen die Umstrukturierungen vollzogen sein.

## **B.II. Zu den Arbeitsschwerpunkten**

Das FZD hat seine Forschung in die drei Programme „Struktur der Materie“, „Lebenswissenschaften“ und „Umwelt und Sicherheit“ mit insgesamt zehn Programmbereichen strukturiert, die in 27 FE-Vorhaben untergliedert sind. Die Forschung wird in sechs Instituten, der Projektgruppe Laser-Teilchenbeschleunigung und der Zentralabteilung Forschungstechnik durchgeführt.

### **II.1. Programm „Struktur der Materie“**

- Programmbereich Materialforschung mit Ionen

Das Forschungsprogramm des Instituts für Ionenstrahlphysik und Materialforschung ist durch die zur Verfügung stehenden Maschinen geprägt und weist in den Einzelthemen eine sehr große inhaltliche Vielfalt auf. Die Anwendungen der Ionenstrahlen sind sehr breit gefächert, um eine Vielzahl von Kooperationsmöglichkeiten auszuschöpfen. Es werden zahlreiche langfristige Forschungsvorhaben durchgeführt, die teilweise sehr hohe Qualität aufweisen.

Die FE-Vorhaben *Ionen-Festkörper-Wechselwirkung* und *Dünne Schichten* sollen bis 2010 beendet werden; dies dient der Fokussierung des Programms „Struktur der Materie“ und soll dazu beitragen, Personalmittel und auch neue Themen für die Nachfolge des Leiters für das Forschungsgebiet „Ionenstrahlen zur Modifizierung und Analyse von Festkörperoberflächen“ zu generieren. Inhaltlich sollen aber auch weiterhin Untersuchungen an dünnen Schichten durchgeführt werden. Außerdem sollen

Themen der Ionenstrahlmodifikation und Ionenstrahlanalytik inhaltlich erhalten bleiben.

Neue Anwendungsgebiete des Ionenstrahlzentrums sind biomedizinische Anwendungen wie die Untersuchung von Reparaturmechanismen von DNA nach Strahlschäden durch ionisierende Strahlung, die Messung von Wasserstoffprofilen in photovoltaischen Solarzellen, die Simulation von neutroneninduzierter Materialschädigung durch den Beschuss mit Ionen und die Beschleuniger-Massenspektroskopie Accelerator Mass Spectroscopy für die höchstauflösende Analytik von Materialien. Auch die In-situ-Analytik mit Ionenstrahlen während des Schichtwachstums könnte neue Impulse geben.

Die Geräte im Ionenstrahlzentrum werden durch den Kauf eines neuen Linearbeschleunigers insbesondere für die Beschleuniger-Massenspektroskopie aufgewertet, da der alte russische 5MV Tandemgenerator außer Betrieb gestellt wird. Das Ionenstrahlzentrum ist von den Anlagen her an vielen Stellen veraltet. Teilweise ist das Know-how für den Aufbau der Anlagen an ältere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter gebunden, so dass der langfristige Betrieb nicht risikolos erscheint. Dennoch können alle Anlagen durch sehr gute Wartung und hohe Identifikation der Betreiber Mannschaft mit den Anlagen mittelfristig für zahlreiche Forschungsvorhaben weiter eingesetzt werden.

Der personelle Aufwand zum weiteren Betrieb ist auf Grund der Vielzahl der Messplätze als hoch anzusehen. Hier ist der Wissenschaftliche Beirat gefragt, Akzente für den zukünftigen Betrieb des Zentrums anzuregen. Da kein weiterer Ausbau des Zentrums angestrebt wird und nur Ersatzbeschaffungen vorgesehen sind, sollten – trotz einzigartiger Ausstattung und Aufstellung in Deutschland – die Qualität und die Zukunftsperspektiven durch den Beirat überprüft werden.

Bei der zukünftigen personellen Nachfolge sollte die Anbindung an die Strahlungsquelle ELBE und das Hochfeld-Magnetlabor Dresden gestärkt werden.

In den FE-Vorhaben *Nanostrukturen* und *Nanoskaliger Magnetismus* wird die Erzeugung und Analyse von Nanostrukturen mittels Ionenstrahlen teilweise für magnetische Materialien eingesetzt. Hierzu wurde eine Nachwuchsgruppe „Nanospintronik“ einge-

setzt, die in sehr kurzer Zeit am FZD schon beeindruckende Ergebnisse aufzuweisen hat.

Der Forschungsbereich Nanostrukturen muss sich einem nationalen und internationalen Vergleich stellen. Trotz hervorragender Einzelergebnisse ist die erforderliche wissenschaftliche Tiefe auf Grund der Kürze der Zeit noch nicht erkennbar. Sollte langfristig das Gewicht auf den Bereich Nanostrukturen gelegt werden, müssten erhebliche Aufwendungen hinsichtlich der apparativen und personellen Ausstattung eingesetzt werden, um zu den entsprechenden universitären Instituten aufzuschließen.

Die Anschaffung einer schreibenden Focused Ion Beam-Anlage mit der Möglichkeit zur Elektronenstrahlolithographie ist sehr zu begrüßen und stellt eine notwendige Voraussetzung für die Herstellung von Nanostrukturen für weitere Experimente dar. Eine gezielte Modifikation von lateralen Nanostrukturen mit Hilfe von Ionenstrahlen kann ein attraktives Arbeitsgebiet des FZD werden.

- Programmbereich Halbleiterphysik

Der Programmbereich Halbleiterphysik mit seinen FE-Vorhaben *Dotierung und Defekte in Halbleitern* und *Materialien für die Optoelektronik* wird als Arbeitsgebiet in Zukunft insbesondere mit den Abteilungen des Instituts für Ionenstrahlphysik und Materialforschung betrieben. Die Anbindung der Halbleiterphysik über optische Experimente an die Strahlungsquelle ELBE und das Hochfeldmagnetlabor sind sehr gut und es sind viele exzellente Ergebnisse zu verzeichnen. Das zukünftige Forschungsprogramm zeichnet sich durch vielfältige, durchdachte und sehr gut an die experimentellen Möglichkeiten im FZD angepasste Projekte aus. Eine Ergänzung durch mehr Messungen der elektrischen Transporteigenschaften ist möglich und würde den Anwendungsbezug verstärken.

Insgesamt ist die Ausstattung sehr gut, sollte aber im optischen Bereich bezogen auf die Aktivitäten im Hochfeld-Magnetlabor und der Strahlungsquelle ELBE weiter ausgebaut werden. Die Möglichkeiten, im internationalen Vergleich herausragende Halbleiterproben herzustellen, sind dagegen begrenzt, da eine Molekularstrahl-Epitaxieanlage fehlt.

- Programmbereich Forschung mit hohen Magnetfeldern

Das Forschungsprogramm sowohl für den apparativen Auf- und Ausbau des Zentrums als auch für die Messungen unter dem Einfluss hoher Magnetfelder ist sehr kohärent und fokussiert. Die mittel- und langfristigen Perspektiven für die Bereitstellung sehr hoher Magnetfelder – statisch bis 20 T, gepulst zwischen 50 und 100 T – sind zukunftsweisend und, insbesondere in Kombination mit der Strahlungsquelle ELBE, weltweit singulär. Diese Ziele wurden in beeindruckender Geschwindigkeit und Konsequenz umgesetzt. Das Forschungsprogramm ist bereits jetzt schon in den nationalen, europäischen und internationalen Wissenschaftsbetrieb integriert.

Durch den Nutzerbetrieb werden noch mehr wissenschaftliche Kooperationen entstehen. Die Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler sind sehr engagiert und fachlich ausgezeichnet. Das Hochfeld-Magnetlabor Dresden ist aber nicht ausreichend in die Lehre an der TU Dresden oder den anderen Hochschulen in Sachsen eingebunden, so dass die Einbindung sehr guter Diplomandinnen und Diplomanden und Doktorandinnen und Doktoranden schwierig ist. Dies sollte geändert werden, damit sich das Hochfeld-Magnetlabor als ein Magnet für die Anwerbung weiterer Studierender aus ganz Deutschland nach Dresden erweisen kann.

Im Hochfeld-Magnetlabor ist mehr Personal erforderlich, um einen international kompetitiven Nutzerbetrieb aufzunehmen. Diese können teilweise aus Drittmitteln finanziert werden, es müssen aber auch Dauerstellen eingebunden werden.

- Programmbereich Subatomare Physik

Dieser Programmbereich besteht aus vier FE-Vorhaben, Nukleare Astrophysik, Seltene hadronische Prozesse, Strahlungsinduzierte Transmutation und Neutroneninduzierte Prozesse.

Das FE-Vorhaben *nukleare Astrophysik* hat seine Aktivitäten von der Untersuchung von Rotationseigenschaften der Atomkerne bei hohen Drehimpulsen zu Experimenten an der Strahlungsquelle ELBE zur Untersuchung der Prozesse bei der Elementsynthese mittels photoneninduzierten Kernreaktionen verlagert. Diese Messungen sind für das Verständnis der Elementsynthese und der Elementhäufigkeiten im Kosmos von fundamentaler Bedeutung und auch international hoch anerkannt. Hier wird sehr gute bis exzellente Forschung betrieben. Seitens des FZD ist vorgesehen, die-

ses FE-Vorhaben in 2009 zu beenden. Da die vorhandene Expertise in Experiment und Theorie sehr interessant und wichtig ist, wird empfohlen zu prüfen, ob das Vorhaben an die TU Dresden verlagert werden sollte.

Das FE-Vorhaben *Seltene hadronische Prozesse* ist stark experimentell orientiert. Die Arbeiten sind international im Rahmen von Kooperationen sehr gut eingebunden. Die Veröffentlichungen der Ergebnisse belegen die hohe wissenschaftliche Qualität der Forschung.

Das FE-Vorhaben *Strahlungsinduzierte Transmutation*, das 2005 begonnen wurde, hat einen außerordentlich innovativen Forschungsansatz. Hier sollen wesentliche Beiträge im Hinblick auf zukünftige Konzepte zur Transmutation von radioaktivem Atommüll geleistet werden. Dazu zählt insbesondere die Messung von Wirkungsquerschnitten von Kernen mit schnellen Neutronen im MeV-Bereich, da die elementaren Prozesse der inelastischen Neutronenstreuung und des Neutroneneinfangs genau bekannt sein müssen. Mit dem Aufbau des Photoneutronentarget nELBE am ELBE-Beschleuniger in Zusammenarbeit mit der TU Dresden wurde im Hinblick auf dieses Programm exzellente Voraussetzungen geschaffen. Die ps(pico Sekunden)-Zeitstruktur von ELBE kann so effizient in ps-Neutronenpulse umgesetzt, die schnellen Neutronen in einer kurzen Laufstrecke hochgenau vermessen werden. Mit diesem neuen Programm kann das FZD innovativ und international beachtet auf dem Feld einer der wichtigsten gesellschaftlichen Fragestellungen der Zukunft beitragen. Die Schwerpunkte des Programms müssen allerdings noch stärker herausgearbeitet werden.

Das FE-Vorhaben *Neutroneninduzierte Prozesse* wurde erst Anfang Januar 2007 begonnen und steht in direktem Zusammenhang mit den experimentellen Voraussetzungen an nELBE. Neben den Untersuchungen im Hinblick auf den Transmutationsprozess sind eine Vielzahl von weiteren Untersuchungen neutroneninduzierter Prozesse interessant. Hierzu liefert nELBE beste Voraussetzungen. Das in enger Kollaboration mit der TU Dresden begonnene Programm kann jedoch noch nicht zuverlässig beurteilt werden.



- Programmbereich Laserbeschleunigung von Elektronen und Ionen

Dieser erst seit November 2006 laufende Programmbereich ergänzt in idealer und kohärenter Weise die bereits existierenden Programmbereiche im Umfeld der Strahlungsquelle ELBE. Zusammen mit dem bereits beschafften Terawatt-Laser sind zukunftsweisende Ansätze in der Kombination Elektronenstrahl/Laserpuls in Verbindung mit Kurzzeitplasmen möglich. Trotz der erst kurzen Laufzeit des Programms sind viel versprechende Grundzüge einer überzeugenden Schwerpunktbildung im FE-Vorhaben erkennbar. Neben reinen Grundlagenuntersuchungen im Bereich Thomsonstreuung, Beschleunigungsprinzipien, kaskadierter Elektronenbeschleunigung, Ultrakurzpuls-Röntgenquellen und nichtlinearer Teilchenstrahl-Materie-Wechselwirkung sollen die Ergebnisse der Grundlagenforschung insbesondere im Hinblick auf mögliche Anwendungen etwa im Bereich Strahlentherapie mit kompakten Laser-Ionenbeschleunigern weiterentwickelt werden. Hier ist die Einbettung in einen Forschungsverbund mit starker medizinischer Beteiligung (OncoRay) bereits gelungen. Innerhalb von zwei bis drei Jahren nach dem Start der Experimente sollte aber eine insgesamt stärkere Strukturierung und Schwerpunktbildung innerhalb dieses aufstrebenden FE-Vorhabens erkennbar werden. Die Ansätze sind äußerst innovativ und in voller Breite an der Spitze der Forschungslandschaft auf diesem Gebiet, auch international, anzusiedeln.

Mit der Ansiedlung des Terawatt-Lasers an der Strahlungsquelle ELBE hat das FZD im Hinblick auf die experimentellen Möglichkeiten national ein Alleinstellungsmerkmal und liegt international mit an der Spitze. Die sehr gute Zusammenarbeit mit den deutschen Lasergruppen sollte beibehalten, wenn möglich intensiviert werden. Der Großgerätecharakter der Kombination Laser/ELBE sollte klar erkennbar sein, etwa durch starke Beteiligung und Unterstützung der universitären Gruppen.

Die mittelfristigen Perspektiven im Bereich der Grundlagenforschung sind ohne jeden Zweifel als hervorragend zu bezeichnen, im Bereich der möglichen Anwendungen gilt dies im Prinzip ebenfalls, der Zeitrahmen für mögliche Umsetzungen ist allerdings kaum abschätzbar.

## II.2. Programm „Lebenswissenschaften“

- Programmbereich Radiopharmazie

In den letzten Jahren hat ein inhaltlicher Wechsel von chemischen bzw. radioisotopenbasierten Forschungsinhalten zu eher anwendungsorientierten Programmbereichen stattgefunden. Die Kohärenz des Forschungsprogramms und die Schwerpunktbildung innerhalb des Programmbereichs sind insgesamt sehr überzeugend. Die jetzige Ausrichtung des Forschungsprogramms des Programmbereichs konzentriert sich auf Synthesen und radioaktive Markierungen für neuartige Verbindungen mit Untersuchungen auf der In-vitro- (Zellkulturen), Ex-vivo (Schnittkulturen) und mittels Tier-PET auf der In-vivo-Ebene. Direkte Umsetzung in Versuchsreihen in Probanden und Patienten Anwendung erfolgen am Human-PET-Scanner in der gleichen Institution.

In dieser vorbildlichen Strukturierung werden Entwicklungen zur Tumordiagnostik und Therapie durchgeführt. Ein Teil der Entwicklungs- und diagnostischen Kompetenzen mit PET ist entsprechend der früheren Kompetenzen weiterhin auf den Bereich Hirnerkrankungen ausgerichtet. Die Radiopharmazie nutzt dabei die Möglichkeiten mit verschiedenen Isotopen des gleichen Elements, wie z. B. Yttrium-86 (PET-Strahler für die Diagnostik) und Yttrium-90 (beta-Strahler für die Therapie). Die Tatsache, dass 1000 Patientinnen und Patienten im Jahr (inklusive Hirnerkrankungen) gemessen werden, belegt eindrucksvoll die Nutzung der gesamten Einrichtung konsequent bis hinein in die klinische Anwendung. Deswegen ist eine Verlagerung der Human-PET-Messungen an die TU Dresden abzulehnen, da dies das Forschungskonzept, wie es von dem seit anderthalb Jahren tätigen Leiter des Instituts für Radiopharmazie etabliert worden ist, konterkarieren würde.

Der Fokus der Arbeiten soll in Zukunft auf die Bildgebung (Imaging) und Endoradiotherapie von Tumoren ausgerichtet werden. Zwei der FE-Vorhaben, nämlich *Radiotracer in der Tumorforschung* und *Radiometalle*, sind bereits auf dieses Ziel fokussiert. Bei letzterem sind Metallisotopenpaare für Bildgebung einerseits und Endoradiotherapie andererseits als Themenbereich genannt. Voraussetzung ist allerdings die Entwicklung geeigneter, pharmakologisch wirksamer (tumoraffiner) Trägermoleküle. Beide FE-Vorhaben sind wichtig, da es insbesondere bei der Endoradiotherapie in den letzten Jahren interessante Neuerungen gegeben hat.

Die Beteiligung an dem Zentrum für Innovationskompetenz „Medizinische Strahlenforschung in der Onkologie – OncoRay“ und am Verbundprojekt onCOOPtics ist wichtig und zukunftsweisend.

Das FE-Vorhaben *PET in der Arznei- und Lebensmittelforschung* ist im Wesentlichen auf die Kompetenz- und Infrastruktur-Vermietung an interessierte Industriepartner konzentriert. Es ist einerseits wünschenswert, Dienstleistungen des Zentrums anzubieten, damit Forschungsmittel aufgestockt werden können, andererseits muss darauf geachtet werden, dass die Wissenschaftsleistung der beteiligten Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im Rahmen von Begutachtungen berücksichtigt werden. Es wird begrüßt, dass dieses FE-Vorhaben 2007 beendet wurde.

- Programmbereich Biostrukturen und Strahlung

Dieser Programmbereich beteiligt sich ebenfalls am Zentrum für Innovationskompetenz „Medizinische Strahlenforschung in der Onkologie – OncoRay“. Hier wird über das FE-Vorhaben *Strahlungsinduzierte Zellschädigung* klassische Strahlenbiologie mit den im FZD neuerdings zur Verfügung stehenden Strahlungen aus der Strahlungsquelle ELBE betrieben. In Kooperation mit OncoRay sollten die Arbeiten mehr auf molekularbiologischer Ebene durchgeführt werden, um von der wissenschaftlich weniger ergiebigen makro- und mikroskopischen Beschreibung von ionisierenden Strahlungsarten fort zu kommen.

Das FE-Vorhaben *Strukturdynamik von Biomolekülen* untersucht Molekülwechselwirkungen an z. B. G-Protein-gekoppelten Rezeptoren mit IR- und anderen spektroskopischen Techniken, die Aussagen über Moleküldynamiken ermöglichen. In Zukunft sollen derartige Molekül-Wechselwirkungen am Freien-Elektronen-Laser (FEL) untersucht werden. Auch wenn die Gruppe in Zukunft den FEL nutzen will, so passt dieses Thema weniger in das FZD und dessen Programm „Lebenswissenschaften“.

Die Arbeiten zu den bakteriellen S-Layers fügen sich besser in das Gesamtkonzept des FZD. Es werden hier Struktur motive gesucht, die zur Bindung von Schwermetallen dienen können und eventuell Modellstrukturen abgeben, die als Vorlage für Synthesen dienen können. Die Anwendung besteht im möglichen Einsatz zur Entsorgung radioaktiver Abfallprodukte, indem gelöste radioaktive Metallsalze gebunden

werden können. Dieses Thema weist in die Richtung Radio(geo)chemie, in die diese Gruppe untergebracht werden soll.

Die beiden Themen gehören nicht zusammen und es sollte geprüft werden, ob sich die Gruppe auf das radio(geo)chemische Thema konzentrieren und das andere einstellen sollte. Als Alternative könnte eine (fachliche) Integration in das FE-Vorhaben *Strahlungsinduzierte Zellschädigung* geprüft werden. Hier wäre allerdings eine Neuausrichtung der Forschungsthematik vorzunehmen.

Das FE-Vorhaben *Tomographie und tumorkonforme Radiotherapie und PET bei der Therapie mit ionisierender Strahlung* ist eine seit längerer Zeit an der GSI-Darmstadt betriebene und vom FZD maßgeblich entwickelte hochinnovative Forschungsrichtung. Die bisher erzielten sehr guten Ergebnisse sollen bis zur Inbetriebnahme des Heidelberger Ionenstrahl Therapiezentrums fortgeführt werden, damit die noch offenen Fragestellungen bearbeitet werden können. Das FE-Vorhaben wird dann voraussichtlich Ende 2009 beendet werden.

### **II.3. Programm „Umwelt und Sicherheit“**

- Programmbereich Radioökologie

Dieser Programmbereich mit den drei FE-Vorhaben *Aquatische Chemie der Actiniden*, *Wechselwirkung von Actiniden mit Festphasen* und *Actiniden in Biosystemen* untersucht das Verhalten von Aktiniden sowohl im geologischen Endlagersystem als auch in der Biosphäre. Motivation und Hintergrund der Forschungsarbeiten sind die Problematik der Endlagerung von radioaktiven Abfällen im tiefen Geosystem und die Isolation bzw. Immobilisierung der langlebigen Radionuklide durch ein technisch-geologisches Multibarrierensystem, da das Radiotoxizitätspotential eines Endlagers bei Zutritt von Wasser eindeutig durch die langlebigen Transuranelemente bestimmt wird.

Neben diesem Forschungsgebiet bilden die Aufklärung der Rückhalte-mechanismen bzw. der Mobilitätsfaktoren von Uran und Tochternukliden aus den Hinterlassenschaften des Uranbergbaus der SAG/SDAG Wismut in Ronneburg, Aue, Königstein u. a. ein weiteres Arbeitsfeld.

Die Arbeiten auf beiden Forschungsfeldern sind fokussiert auf das Grundverständnis des chemischen Verhaltens der Aktiniden in der Umwelt vom Geo- bis in das Biosystem sowie von den chemischen Effekten ausgehend hin zur Aufklärung des Verhaltens durch Quantifizierung der Reaktionsmechanismen auf molekularer Ebene. Auf diesem wissenschaftlichen Forschungsgebiet hat das Institut für Radiochemie im FZD ein Alleinstellungsmerkmal in Deutschland. Innerhalb des Kompetenzverbunds Kernenergie, dem neben dem FZD die Forschungszentren Jülich und Karlsruhe sowie die Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit angehören, bearbeitet das FZD Wechselwirkung von Aktiniden mit biomolekularen Interfaces und ihren Transport vom Geo- in das Biosystem.

Das Institut für Radiochemie im FZD ist in Deutschland der zentrale Ort für Uran- und Transuranchemie in Biosystemen. Damit stellt es gleichzeitig das Bindeglied zum Deutschen Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt in München dar, das sich primär mit den biologisch-medizinischen Wirkungen und Wirkungsmechanismen von Umweltchemikalien und Strahlung sowie der Strahlenschutzforschung beschäftigt. Hierdurch und durch die hervorragenden wissenschaftlichen Leistungen ist das Institut für Radiochemie in Europa in fast allen thematisch verwandten Forschungsprojekten ein gesuchter Partner.

- Programmbereiche Anlagen- und Reaktorsicherheit und Thermofluiddynamik

In den beiden Programmbereichen werden überzeugende Schwerpunkte gebildet, die auch langfristig tragfähig sind. Mit diesen Themen ist das Institut für Sicherheitsforschung sehr stark in der nationalen und internationalen Forschungslandschaft verankert.

Der Programmbereich Anlagen- und Reaktorsicherheit mit den FE-Vorhaben *Störfallanalysen für Kernreaktoren* und *Material- und Komponentensicherheit* (die FE-Vorhaben *Sicherheit und Effektivität chemischer Prozesse* und *Teilchen- und Strahlungstransport* wurden 2006 bzw. 2007 beendet und konnten daher nicht mehr begutachtet werden) wird teilweise bundesweit mit den Forschungszentren Jülich und Karlsruhe über den Kompetenzverbund Kerntechnik abgestimmt. In der Störfallanalyse werden mit der Entwicklung des Reaktordynamikprogramms DYN3D für Leichtwasserreaktoren und Reaktoren der 4. Generation international beachtete Leistungen erbracht. Durch die Integration transporttheoretischer Methoden und die Kopp-

lung mit modernen thermohydraulischen Berechnungsverfahren markiert das Programmsystem den fortgeschrittensten Stand in der Störfallanalyse von Kernreaktoren. Besonders beachtlich sind dabei die Analysen zu Borverdünnungsstörfällen in Druckwasserreaktoren in Kombination mit den Experimenten an der ROCOM-Anlage, die zu einer Vielzahl hochkarätiger Publikationen geführt haben. Auf dem Gebiet der Material- und Komponentensicherheit werden vor allem die Mikrostrukturuntersuchungen zur strahlungsinduzierten Alterung von Reaktorkonstruktionswerkstoffen einschließlich der zugehörigen theoretischen Modellierungen und die Analysen zur Qualifikation des Master-Curve-Konzepts für bestrahltes Material international stark beachtet. Hier wird ein Themenfeld, dessen Bedeutung mit der in vielen Ländern anstehenden Laufzeitverlängerung von Reaktoren weiter anwachsen wird, besetzt.

Die hohe Qualität der Arbeiten in diesem Programmbereich machen die beteiligten Arbeitsgruppen zu begehrten Partnern in der nationalen und internationalen Forschungslandschaft. Beide Themen sind in bedeutsame Kooperationen eingebunden. In der Reaktorsicherheit hat das Institut für Sicherheitsforschung mit der Untersuchung bestrahlter Reaktorkonstruktionswerkstoffe eine Alleinstellung in Deutschland erreicht und strebt Gleiches bei der Entwicklung von Simulationstools für Generation-IV-Reaktoren an.

Die vorgeschlagene Ausrichtung auf GEN-IV-Reaktoren, insbesondere den Hochtemperaturreaktor (HTR), und auf Transmutationsanlagen ist wissenschaftlich attraktiv und langfristig tragend. Dabei sollte die enge Kooperation mit der RWTH Aachen und dem FZ Jülich gesucht werden. Die vertiefte Kooperation mit der TU Dresden wird ausdrücklich unterstützt. Die Kompetenz des FZD in reaktorphysikalischen Berechnungsverfahren sollte erhalten und weiter ausgebaut werden. Die Kompetenz auf dem Gebiet der Monte-Carlo-Simulation ist zu erhalten und weiter zu entwickeln.

Die Erweiterung auf Strömungsuntersuchungen zum HTR ist sinnvoll, muss aber national und international eingebettet werden. Über die Finanzierung und die Unterbringung einer großen Versuchsanlage ist zu befinden, sobald das detaillierte Konzept hierzu vorliegt.

Die Untersuchung von bestrahlten Werkstoffen für Transmutations- und Fusionsanlagen sowie für Reaktoren der 4. Generation erfordert den Umgang mit früheren Ak-

tivitäten, mechanische Prüfmethode für deutlich höhere Temperaturen und im Falle der Simulation durch Ionenbestrahlung neue Analysemethoden. Dies wird erhebliche Investitionen erfordern, die mittelfristig unter Berücksichtigung der Möglichkeiten des FZD aber bereitgestellt werden sollten.

Das Institut für Sicherheitsforschung sollte seine Kooperation mit dem Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung auf den Gebieten theoretische Modellierung, Nutzung von Ionenstrahlen und Analytik weiter verstärken.

Im Programmbereich Thermofluiddynamik mit den FE-Vorhaben *Magnetohydrodynamik* und *Thermofluiddynamik von Mehrphasenströmungen* wird ein kohärentes Forschungsprogramm auf den Gebieten der Mehrphasenströmungen und Magnetohydrodynamik mit einer sehr fruchtbaren Zusammenarbeit von Theorie und Experiment verfolgt. Beispielsweise werden neue theoretische Modelle für die Wechselwirkung zwischen Gas- und Flüssigkeitsphase zur Verbesserung von CFD (Computational Fluid Dynamics)-Codes in enger Zusammenarbeit mit der Firma ANSYS entwickelt. Gleichzeitig betreibt das Institut die TOPFLOW-Anlage, an der schnelle, hochauflösende Zweiphasenmessungen durchgeführt werden. Die Anlage ist die Referenzversuchsanlage für die Entwicklung von CFD-Methoden in Deutschland, die auch als internationale Userfacility etabliert werden konnte.

Die Ausrichtung der vorgestellten Arbeiten zu Mehrphasenströmungen ist wissenschaftlich attraktiv und langfristig tragend. Die Schwerpunktsetzung der Modellentwicklung auf Mehrphasenströmungen mit Stoff- und Wärmetransport zwischen den Phasen unter Berücksichtigung der lokalen Strömungsstruktur sowie ihrer Dynamik (z. B. Modellierung von Blasenkoaleszenz und -zerfall) entspricht den international anerkannten Prioritäten bei der Weiterentwicklung von CFD-Methoden. Die enge Verbindung von innovativem Experiment und Simulation bietet dabei besonders gute Voraussetzungen und zeichnet die am Institut durchgeführten Arbeiten aus.

Die Zahl der Mitarbeiter im FE-Vorhaben *Thermofluiddynamik von Mehrphasenströmungen* ist stark angewachsen. Der Einsatz von tomographischen Messverfahren für Strömungen ist mit erheblichem Platzbedarf verbunden. Es ist abzusehen, dass die Fortentwicklung der Thematik durch die ausgeprägte räumliche Trennung der Arbeitsgruppe und mangelnden Platz für Labor- und Büroräume behindert wird. Des-

halb wird empfohlen, die Labors und Büroräume durch einen Ergänzungsbau im Umfeld von TOPFLOW zu konzentrieren.

In der Magnetohydrodynamik (MHD) gelingt eine beeindruckende Kombination aus Grundlagenforschung und angewandter Forschung. Bereits frühere Arbeiten zum Dynamo-Effekt, aber auch das neue Experiment zur Magneto-Rotation-Instabilität stellen Spitzenleistungen auf dem Gebiet der Grundlagenforschung dar. Gleichzeitig benutzt die Gruppe ihre Kompetenz auch zur Lösung relevanter industrieller Probleme beispielsweise in der Kristallzüchtung und der Metallurgie. Die internationale Spitzenstellung auf diesem Gebiet sollte konsequent ausgebaut werden. Mit dem Bezug der neuen Experimentierhalle werden die experimentellen Möglichkeiten deutlich verbessert und erweitert.

Die Untersuchungen zur Nutzung maßgeschneiderter Magnetfelder in der Metallurgie, der Kristallzüchtung und der Elektrochemie sollten mit den Partnern im Dresdner Raum und in internationaler Kooperation weiter verstärkt werden. Dabei sollte allerdings auch künftig ausreichend Kapazität für grundlegende Fragestellungen der MHD verbleiben, weil die bisherigen Erfolge wesentlich auf das enge Wechselspiel von grundlegenden und angewandten Untersuchungen zurückzuführen sind.

Die Überlegungen zur Fortführung und zum Ausbau der MHD-Forschung im FZD und im Dresdner Raum nach Ablauf des Sonderforschungsbereichs (SFB) sollten frühzeitig beginnen. Der mit dem SFB im Dresden-Freiburger Raum bereits vorhandene Exzellenzcluster sollte ausgebaut werden.

#### **II.4. Zum künftigen Arbeitsprogramm**

Künftig will sich das FZD auf die Programme „Materialforschung“, „Krebsforschung“ und „Sicherheitsforschung“ unter Beibehaltung der gegenwärtigen Institutsstruktur konzentrieren.

Im Programm „Materialforschung“ (jetziges Programm „Struktur der Materie“) sollen bis 2010 die FE-Vorhaben *Dünne Schichten*, *Ionen-Festkörper-Wechselwirkung* und *Nukleare Astrophysik* beendet werden. Das Institut für Strahlenphysik soll sich auf das Studium seltener hadronischer Prozesse im Kontext von FAIR (Facility for Antiproton and Ion Research) der GSI konzentrieren. Weiterhin wird der Ausbau des



Hochfeld-Magnetlabors Dresden und Ausrichtung auf die Erforschung der elektronischen Struktur von Festkörpern angestrebt.

Ferner wird vorgeschlagen, den Bereich der Ionen-Festkörper-Wechselwirkung nicht ersatzlos zu streichen. Vielmehr sollte eine Anbindung neuer Aktivitäten an die Strahlungsquelle ELBE im Ionenstrahlzentrum gesucht werden. Dagegen sollte das wissenschaftliche Konzept des Bereichs Halbleiterphysik unter Berücksichtigung der Forschungskonzepte der Forschungszentren Jülich und Karlsruhe überprüft werden. Hinsichtlich des FE-Vorhabens *Nukleare Astrophysik* wird empfohlen zu prüfen, ob eine Verlagerung und damit Erhalt dieses Themas an die TU Dresden sinnvoll erscheint.

Im Programm „Krebsforschung“ (jetziges Programm „Lebenswissenschaften“) soll dies vor allem durch eine Fokussierung des Instituts für Radiopharmazie auf die Tumorforschung und des Instituts für Strahlenphysik auf onkologische Fragestellungen sowie Kooperationen mit dem Zentrum für Innovationskompetenz „Medizinische Strahlenforschung in der Onkologie – OncoRay“ und im Verbundprojekt onCOOPTics beim Aufbau einer Hochleistungslasergruppe für zukünftige medizinische Teilchenbeschleuniger erfolgen. Dafür wurden in 2007 die FE-Vorhaben *PET in der Arznei- und Lebensmittelforschung* und *Radiotracer in der Stoffwechselforschung* beendet.

Die Konzentration des Programms und seine künftige Ausrichtung wird sehr begrüßt. Es wird allerdings dringend empfohlen, das PET zur Untersuchung von Patienten im FZD zu belassen und nicht in das Universitätsklinikum Dresden zu verlagern. Die Tatsache, dass 1000 Patienten im Jahr gemessen werden, belegt eindrucksvoll die Nutzung der gesamten Einrichtung. Eine Auslagerung der Human-PET-Messungen an die TU Dresden stünde dem Forschungskonzept, wie es von dem seit anderthalb Jahren tätigen Leiter des Instituts für Radiopharmazie etabliert worden ist, entgegen. Hinsichtlich der Ausstattung des PET wird auf die Stellungnahme des Wissenschaftsrates verwiesen<sup>21</sup>. Für die Nutzung des Hochleistungslasers zu medizinischen Zwecken wird empfohlen, ein klares Programm zu erarbeiten. Insgesamt sollten bei der inhaltlichen Ausgestaltung des Forschungsprogramms die Arbeiten anderer Forschungseinrichtungen wie z. B. des Deutschen Krebsforschungszentrums berücksichtigt werden.

---

<sup>21</sup> Wissenschaftsrat: Stellungnahme zur Positronen-Emissions-Tomographie (PET) in Hochschulkliniken und außeruniversitären Forschungseinrichtungen, Köln 2001, S. 319-354.

Im Programm „Sicherheitsforschung“ (jetziges Programm „Umwelt und Sicherheit“) ist geplant, eine Gruppe zur Erforschung strahlungsinduzierter Transmutationsszenarien aufzubauen. Die FE-Vorhaben *Sicherheit und Effektivität chemischer Prozesse* und *Teilchen- und Strahlungstransport* wurden bereits in den Jahren 2006 und 2007 beendet. Die Kernexpertise zur Monte-Carlo-Simulation sollte allerdings bewahrt werden, da sie u. a. für die Interpretation gemessener Transmutationsquerschnitte gebraucht wird. Die Hinwendung zur Sicherheit von Reaktoren der 4. Generation und zur Auslegung und Sicherheit von Transmutationsanlagen wird begrüßt. Dies gilt gleichermaßen für die Themenbereiche Reaktorphysik, Thermofluiddynamik und Materialforschung.

Die Arbeiten zur Magnetohydrodynamik und zu Flüssigmetalltechnologien sollten mit Blick auf die Verfahrensoptimierung in Kristallzüchtung, Elektrochemie und Metallurgie und in Bezug auf Flüssigmetall gekühlte Reaktoren ausgebaut werden. Dabei sollte ausreichender Freiraum für Themen der Grundlagenforschung bewahrt werden. Der im Raum Rossendorf/Dresden/Freiberg de facto bestehende Exzellenzcluster auf dem Gebiet der Magnetohydrodynamik sollte unbedingt gestärkt werden. Eine Fokussierung der Actinidenchemie auf Fragen des nuklearen Endlagers wird sehr begrüßt. Hierfür sollen die FE-Vorhaben *Actiniden in Biosystemen*, *Aquatische Chemie der Actiniden*, und *Wechselwirkung von Actiniden mit Festphasen* inhaltlich konzentriert werden. Insgesamt stellt dieses Konzept eine Ergänzung des Programms Energie der Helmholtz-Gemeinschaft dar.

### **B.III. Zur Organisation und Ausstattung**

Der Direktor des FZD leitet das Forschungszentrum sehr effizient. Er hat die Entwicklung des wissenschaftlichen Profils des FZD hin zu einer Großforschungseinrichtung seit seinem Amtsantritt im April 2006 energisch vorangetrieben.

Unterstützt wird der Wissenschaftliche Direktor in seiner Tätigkeit durch das Kuratorium, den Wissenschaftlichen Beirat und die Mitgliederversammlung. Der Wissenschaftliche Beirat nimmt seine Aufgaben sehr kritisch und konstruktiv wahr und fördert und unterstützt das FZD erfolgreich. Der hohe wissenschaftliche Output des FZD ist nicht zuletzt der Förderung durch den Wissenschaftlichen Beirat zu verdanken.

Im Kuratorium sollte die wissenschaftliche Kompetenz gestärkt werden. Der Vorsitzende des Wissenschaftlichen Beirats sollte deshalb künftig mit Sitz und Stimme im Kuratorium vertreten sein.

Die Institute des FZD führen ihre Forschung in hohem Maße eigenverantwortlich und kooperativ durch. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sind hoch motiviert und leisten sehr gute wissenschaftliche Arbeit.

Insgesamt ist die Größe der einzelnen Arbeitsgruppen ihren Aufgaben angemessen. Die Anzahl der drittmittelfinanzierten wissenschaftlichen Beschäftigungsverhältnisse beträgt im Mittel aller sechs Institute 32 %. Damit wird eine gewisse personelle Flexibilität gewährleistet. Es muss aber auch sichergestellt werden, dass zentrale Aufgaben nicht nur durch Drittmittelpersonal wahrgenommen werden. Dies betrifft vor allem das Institut für Sicherheitsforschung, in dem der Anteil der drittmittelfinanzierten Wissenschaftler bei 60 % liegt. Generell sollte der Stellenplan des FZD flexibilisiert werden.

Der Grundhaushalt betrug im Jahr 2005 54,472 Mio. Euro, die hälftig vom Bund und von den Ländern aufgebracht wurden. Die Grundausrüstung kann als gut bezeichnet werden. Es ist sehr zu begrüßen, dass es in den letzten Jahren gelungen ist, die für die Forschung notwendigen Großgeräte Strahlungsquelle ELBE, Hochfeld-Magnetlabor Dresden und TOPFLOW zu beschaffen und aufzubauen. Derzeit ist die Geräte- und Großgeräteausstattung des FZD sehr gut. Es ist zu empfehlen, die Möglichkeiten des überjährigen Einbehalts von Mehrerträgen sowie der überjährigen Übertragung von Investitionsmitteln zu gewährleisten.

Die Drittmiteleinwerbungen sind im betrachteten Zeitraum um beeindruckende 21 % auf insgesamt 10,377 Mio. Euro im Jahr 2006 gestiegen. Die meisten Drittmittel der Jahre 2004 bis 2006 wurden bei der Europäischen Union (28 %) und von der Wirtschaft (27 %) eingeworben, gefolgt vom Bund (24 %) und der DFG (18 %). Im Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung ist die Drittmiteleinwerbung sehr gut. Es ist davon auszugehen, dass nach Abschluss der Aufbauarbeiten im Hochfeld-Magnetlabor die Einwerbung noch erheblich gesteigert werden kann. Auch die Perspektiven für die Drittmiteleinwerbung der erst seit November 2006 bestehenden Projektgruppe Laser-Teilchenbeschleunigung sind sehr gut. Die Drittmiteleinwerbung und auch deren Steigerung im Institut für Strahlenphysik ist sehr beachtlich. Im

Institut für Radiopharmazie ist die Drittmittelinwerbung angesichts der strukturellen Veränderungen als gut zu bezeichnen. Allerdings könnte sie, besonders im PET-Zentrum, deutlich gesteigert werden. Das Institut für Radiochemie hat in beachtlichem Umfang Drittmittel eingeworben. Als sehr erfolgreich ist auch die Drittmittelinwerbung im Institut für Sicherheitsforschung anzusehen. Das Institut hat zwischen 2004 und 2006 etwa 40 % aller Drittmittel des FZD eingeworben.

Das FE-Vorhaben *Laserbeschleunigung* wird innerhalb einer eigenständigen Projektgruppe unterhalb des Vorstandes durchgeführt. Die Anschubfinanzierung für die ersten Jahre ist angemessen. Zu geeigneter Zeit sollte die Gruppe dann in die übergeordnete Organisationsstruktur mit Haushaltsbudget überführt werden. Es ist zu erwarten, dass die Laseraktivitäten einen zunehmenden Anteil an den Forschungsarbeiten des neuen Instituts für Strahlenphysik haben werden. Das Eingliederungsprogramm in das Institut sollte wegen der großen Umstrukturierung vom Beirat des FZD durch Empfehlungen begleitet werden.

#### **B.IV. Zu den Veröffentlichungen und Tagungen**

Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des FZD haben ihre Ergebnisse in den letzten Jahren qualitativ und quantitativ insgesamt sehr gut, zum Teil auch hervorragend, publiziert. Angesichts des hohen Potentials der wissenschaftlichen Leistungen kann eine weitere Steigerung sowohl der Anzahl als auch der Qualität der Publikationen im Laufe der nächsten Jahre erwartet werden. Dies gilt besonders für die Institute und Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, die an laufenden Aufbauarbeiten von Großgeräten beteiligt sowie von strukturellen Umstrukturierungen betroffen sind.

Im Programmbereich Materialforschung mit Ionen des Programms „Struktur der Materie“ ist zu erwarten, dass mit dem Ionenstrahlzentrum in den FE-Vorhaben *Ionen-Festkörper-Wechselwirkung* und *Dünne Schichten* weiterhin viele Publikationen entstehen werden. Das Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung veröffentlicht ca. 30 % der Publikationen des FZD mit einem wesentlich gesteigerten Anteil in Zeitschriften mit hohem Impactfaktor. In den FE-Vorhaben *Nanostrukturen* und *Nanoskaliger Magnetismus* sind trotz der Kürze der Zeit – das FE-Vorhaben besteht erst seit 2004 – und der geringen Zahl der Beteiligten schon sehr gute Ergebnisse publiziert worden.

Der Programmbereich Halbleiterphysik veröffentlicht sehr viele und sehr gute Publikationen. Im Programmbereich Forschung mit hohen Magnetfeldern kann nach Abschluss der Aufbauarbeiten des Hochfeld-Magnetlabors und dem Einstieg in den ständigen Forschungsbetrieb mit einer Steigerung der Quantität der Publikationen gerechnet werden.

Die Publikationsleistung im Programmbereich Subatomare Physik ist mit sehr gut bis exzellent zu beurteilen. Die Leistung im Programmbereich Laserbeschleunigung von Elektronen und Ionen kann noch nicht bewertet werden, da dieser Programmbereich erst seit November 2006 besteht. Es kann erwartet werden, dass auch hier sowohl die Qualität als auch die Quantität der Publikationen sehr gut sein werden.

Qualität und Quantität der Publikationen in den Programmbereichen Radiopharmazie und Biostrukturen und Strahlung im Programm „Lebenswissenschaften“ sind gut. Eine Steigerung der Publikationsleistung ist aufgrund der wissenschaftlichen Leistung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter möglich und sollte angestrebt werden.

Die Publikationsleistung des Programmbereichs Radioökologie im Programm „Umwelt und Sicherheit“ ist sehr gut bis exzellent. In den Programmbereichen Anlagen- und Reaktorsicherheit und Thermofluidynamik hat sich die Anzahl von Publikationen in den letzten Jahren beachtlich erhöht, die Zahl in referierten Zeitschriften wurde verdreifacht. Sowohl die Qualität als auch die Quantität der Publikationen in beiden Programmbereichen ist hervorragend. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Instituts für Sicherheitsforschung sind vielfach zu Vorträgen auf wichtigen nationalen und internationalen Tagungen eingeladen worden. Das Institut selbst hat eine große Anzahl von Veranstaltungen, speziell auf dem Gebiet der Kerntechnik und der Magnetohydrodynamik, ausgerichtet.

#### **B.V. Zu den Kooperationen und zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses**

Das FZD ist sehr gut in die nationale und internationale Forschungslandschaft eingebunden. Es existieren vielfältige, zum Teil seit langer Zeit gewachsene Kooperationen mit universitären und außeruniversitären Forschungseinrichtungen. Die Zusammenarbeit mit Universitäten und Forschungseinrichtungen als auch der Austausch einzelner Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus westlichen Staaten wurden

deutlich verstärkt. Es wird begrüßt, dass das FZD seine nationalen und internationalen Kooperationen ausgebaut hat und die erfolgreichen Kooperationen mit östlichen Ländern weiter pflegt.

Die Zusammenarbeit mit der Industrie ist durch die hohe Einwerbung von Drittmitteln aus der Wirtschaft belegt. Allerdings sollte das FZD sich bemühen, als gleichberechtigter Partner bei den Kooperationen aufzutreten. Eine weitere Verstärkung der Zusammenarbeit ist zu empfehlen.

Mit der TU Dresden ist die Kooperation in Forschung und Lehre vertraglich geregelt. Im Bereich der Forschung ist die Zusammenarbeit bereits sehr gut etabliert, wie z. B. in Form von Sonderforschungsbereichen oder auch durch die gemeinsame Nutzung des PET u. a. im Rahmen des Zentrums für Innovationskompetenz „Medizinische Strahlenforschung in der Onkologie – OncoRay“. Es wird begrüßt, dass im Januar 2008 durch einen Ergänzungsvertrag zwischen dem FZD und der TU Dresden eine Verstärkung in der Zusammenarbeit in der Lehre angestrebt wird. Darin wird die Beteiligung von wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des FZD an der Nachwuchsförderung gestärkt. Habilitierte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler erhalten die Möglichkeit, eigenständig Doktorandinnen und Doktoranden sowie Diplomandinnen und Diplomanden der Universität nach geltendem Hochschulrecht zu betreuen. Für ausgewiesene Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des FZD besteht die Möglichkeit, prüfungsrelevante Vorlesungen halten und auch selber Prüfungen abnehmen.

Die Rekrutierung des Nachwuchses sollte insgesamt auf eine breitere, wettbewerbsorientierte Basis gestellt werden. Es sollten Programme entwickelt werden, um systematisch national und international Studentinnen und Studenten zu werben und schon im Vorfeld der Bewerbung zu fördern. Ziel sollte sein, dass zum Zeitpunkt der Bewerbung viele der Bewerberinnen und Bewerber bekannt sind, damit ihre Qualitäten besser beurteilt werden können.

Das Konzept von Nachwuchsgruppen hat sich sehr bewährt. Deshalb wird empfohlen, dieses weiter zu führen und neue Nachwuchsgruppen einzurichten, auch, um die Zusammenarbeit mit der TU Dresden zu intensivieren.

Insgesamt ist die Qualifizierung des wissenschaftlichen Personals bis einschließlich der Promotion gut, allerdings je nach Institut unterschiedlich ausgeprägt. Für den Bereich der Postdoktorandinnen und Postdoktoranden mit dem Ziel einer Habilitation sollten Förderstrukturen für das gesamte FZD entwickelt werden. Das Institut verfügt über mehrere erfahrene Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die die Möglichkeit der Habilitation nutzen sollten.

Generell sollte sich das FZD bemühen, den Frauenanteil unter den Wissenschaftlern und besonders in den Führungsebenen deutlich zu erhöhen.

#### **B.VI. Zur Umsetzung früherer Empfehlungen des Wissenschaftsrates**

In seiner Stellungnahme aus dem Jahr 2000 hat der Wissenschaftsrat eine Reihe von Empfehlungen zu den einzelnen Instituten des FZD ausgesprochen. Es ist zu begrüßen, dass die meisten Empfehlungen umgesetzt wurden; nur wenige wurden nach kritischer Überprüfung und aus nachvollziehbaren Gründen nicht umgesetzt.

- Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung

Im Hinblick auf die Nutzung der Strahlungsquelle ELBE für die Materialforschung ist am Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung ein zweiter Direktor berufen worden. Durch den Aufbau der Abteilung „Halbleiterspektroskopie“ wurde im Juli 2000 eine weitere personelle Verstärkung vorgenommen.

Weiterhin ist das Forschungsprogramm des Instituts neu ausgerichtet und das Thema „Nanoskaliger Magnetismus“ begonnen worden. Vorrangig gefördert wird eine Nachwuchsgruppe, die sich mit der selbstorganisierten Nanostrukturbildung an Oberflächen durch Ionenerosion und mit unikalene neuen Experimenten zur Wechselwirkung hochgeladener Ionen mit Festkörpern beschäftigt.

Der Empfehlung, die Nutzung der verschiedenen Beschleunigerkombinationen durch Einrichtung einer Large Scale Facility für Ionenstrahltechniken für Dritte weiter zu verfolgen, wurde entsprochen. Das Ionenstrahlzentrum wird regelmäßig von auswärtigen Nutzergruppen aus Forschung und Industrie mit bis zu ca. 50 % der Kapazität genutzt. Es wurde ein internationaler wissenschaftlicher Fachbeirat eingerichtet, der die Aktivitäten begutachtet und Empfehlungen für die weitere Entwicklung ausspricht.

Seit April 2006 wird das Ionenstrahlzentrum wieder für vier Jahre im Rahmen des Programms "Transnational Access to Research Infrastructures" der Europäischen Union gefördert. Außerdem wurde es als „Marie-Curie Training Site“ ausgewählt.

- Institut für Radiopharmazie (Bioanorganische und Radiopharmazeutische Chemie)

Es war empfohlen worden, die nuklearmedizinische Zusammenarbeit zu verbessern, um die medizinische Anwendung des PET-Zentrums als gemeinsame Einrichtung der TU Dresden und des FZD zu steigern. Dies wurde zum einen durch die Neubesetzung der C4-Professur „Nuklearmedizin“ an der TU Dresden, vor allem aber im Rahmen des Zentrums für Innovationskompetenz „Medizinische Strahlenforschung in der Onkologie - OncoRay“, erreicht. Insbesondere orientieren sich die Arbeiten zur Radiotracerentwicklung am Programm Tumorforschung des FZD sowie an patientenbezogenen Anwendungen.

Die Empfehlung zur Stärkung der biologischen Komponente wurde im Zuge der Neustrukturierung des Instituts umgesetzt. Der Anteil der in diesem Bereich tätigen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler (5) beträgt 30 % aller forschenden Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Instituts.

Die tierexperimentelle Ausstattung des PET-Zentrums ist insgesamt und speziell auf dem Gebiet der „Molekularen Bildgebung und Therapie von Tumoren“ in den letzten Jahren bedeutend erweitert worden. Der Konzentration auf ausgewählte Forschungsthemen dient auch der „Radiopharmazieverbund Sachsen“, der zunächst das Institut für Radiopharmazie des FZD und das Institut für Interdisziplinäre Isotopenforschung Leipzig (IIF) einschloss. Die Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin der Universität Leipzig hat sich diesem Verbund angeschlossen. In der Folge wurden Radiotracerentwicklungen für onkologische Fragestellungen im FZD konzentriert, während Radiotracerentwicklungen und deren Anwendungen für neurowissenschaftliche Fragestellungen vorwiegend im IIF Leipzig/Klinik für Nuklearmedizin der Universität Leipzig bearbeitet werden.

Nicht umgesetzt wurde die Empfehlung, die hohe Expertise in der Technetium-Chemie vermehrt auf die  $^{186,188}\text{Re}$ -Chemie und auf Rhenium-Radiopharmaka auszuweiten. Die Arbeiten zum Technetium, die im Jahr 2000 auf Radiotracer für die Neurodiagnostik angelegt waren, werden im Zuge der Forschungskonzentration nicht



mehr als eigenständiges Thema weiter verfolgt. Die besondere Expertise der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler wird genereller auf mit Radiometallen markierte Substanzen für die Tumortherapie gerichtet. Weiterhin stellte sich die Empfehlung einer Stärkung des Instituts durch biophysikalische bzw. strukturelle biologische Forschung z. B. an der Strahlungsquelle ELBE, Einsatz der Infrarot-FEL zur Aufklärung der Lösungsstrukturen von Peptiden und Proteinen sowie Ausdehnung in Richtung des Zentrums der Bioanorganik als nicht tragfähig heraus und wurde nach eingehender Beratung mit dem Wissenschaftlichen Beirat nicht umgesetzt. Die Expertise auf dem Gebiet der Proteinstrukturforschung am FZD wurde jedoch durch Gründung einer Biophysikalischen Abteilung im Institut für Strahlenphysik gestärkt.

- Institut für Radiochemie

Die Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der schwersten Elemente wurden entsprechend der Empfehlung des Wissenschaftsrates Ende 2000 zum Abschluss gebracht. Weiterhin wurden die Arbeiten zur Wechselwirkung von Mikroorganismen mit Uran integraler Bestandteil des Instituts. Sie wurden verstärkt und auf andere Actiniden sowie auf die Wechselwirkung in Biofilmen, Algen und mit höheren Pflanzen erweitert. Die institutsintegrierte Mikrobiologie wurde im Zuge der Weiterentwicklung des Forschungsprofils des Instituts personell wesentlich gestärkt.

Die anwendungsorientierte Grundlagenforschung zur Chemie der Radionukleide in der Bio- und Geosphäre wurde ausgebaut. Bei der Uranaltlastsanierung liegt die Anwendungsorientierung in der Erarbeitung von Komplexstabilitätsdaten, der mikrobiellen Diversität in kontaminierten Wässern und Böden und der Erarbeitung von mikrobiell (S-Layer) basierten Reinigungsverfahren für Uran im niedrigen Konzentrationsbereich.

Außerdem wurden die Arbeiten zu Nanoclustern auf bakteriellen S-Layern weiter gefördert. Diese Thematik wird in Zusammenarbeit mit dem Institut für Strahlenphysik sowie dem Institut Hochfeld-Magnetlabor Dresden intensiv, bis hin zu Firmenausschüttungen, verfolgt.

- Institut für Sicherheitsforschung

Die Arbeiten zur Magnetohydrodynamik sollten sich auf metallurgische Fragen, auf Probleme bei der Kristallzüchtung, aber auch auf Untersuchungen zur Elektrochemie

bis hin zu speziellen Anwendungen im Schiffbau konzentrieren. Diese Empfehlung wurde in Form eines Sonderforschungsbereichs gemeinsam mit der TU Dresden umgesetzt.

Die Empfehlung, sich bei der Forschung zur Sicherheit von Materialien auf die Alterung durch Bestrahlungseinflüsse zu konzentrieren, wurde ebenfalls umgesetzt. Das FZD hat sich auf diesem Gebiet zu einem nationalen Zentrum für die Untersuchung strahlungsinduzierter Alterungseffekte entwickelt. Derzeit steht die Alterung von Reaktorkonstruktionswerkstoffen, insbesondere des Reaktordruckbehälters, durch Neutronen- und Gammastrahlung im Mittelpunkt der Untersuchung. Die Relevanz folgt aus dem zunehmenden Alter der Kernkraftwerke und aus der Vielzahl der weltweit bereits genehmigten Laufzeitverlängerungen.

Die Aktivitäten zur Magnetohydrodynamik und zu den Untersuchungen mit der TOPFLOW-Versuchsanlage wurden personell deutlich aufgestockt. Seit 2008 nutzt die Abteilung Magnetohydrodynamik eine rekonstruierte Versuchshalle für ihre Labore und Experimente. Die Versuchsanlage TOPFLOW selber wurde im geplanten Zeit- und Kostenrahmen aufgebaut. Das für den Betrieb und die Experimente an TOPFLOW nötige Personal wurde durch Verlagerung innerhalb des Instituts bereitgestellt.

Das Institut sollte seine Aktivitäten zur fluiddynamischen Prozessanalyse und Prozeßoptimierung im Hinblick auf die Anwendung in verfahrenstechnischen Prozessen verstärken und dabei intensiv den Kontakt mit Apparate- und Anlagenherstellern sowie mit Betreibern chemischer Anlagen suchen. Die Arbeiten wurden bereits in den letzten Jahren gezielt auf die thermofluiddynamische Optimierung verfahrenstechnischer Prozesse und die Entwicklung von Messtechnik fokussiert, so dass die vorhandenen Kompetenzen in die FE-Vorhaben *Magnetohydrodynamik* und *Thermofluiddynamik von Mehrphasensystemen* integriert werden konnten. Damit kam das FZD der Empfehlung nach, seine Expertise in nicht-nuklearen Bereichen anzuwenden. Eine Ausweitung der nicht-nuklearen Forschung zu Lasten der nuklearen Sicherheitsforschung ist in keinem Falle ratsam. Kompetenzerhalt und Kompetenzvermehrung auf dem Gebiet der nuklearen Sicherheit sind unbedingt notwendige Voraussetzungen für einen sicheren Betrieb der kerntechnischen Anlagen.

- Institut für Strahlenphysik (Kern- und Hadronenphysik)

Das Forschungsprogramm des Instituts wurde auf strahlenphysikalische Arbeiten an der Strahlungsquelle ELBE und eng verwandter Projekte bei der GSI Darmstadt – bzw. der zukünftigen FAIR-Anlage – in den Abteilungen Kernphysik (Laboruntersuchungen zu Prozessen der kosmischen Elementsynthese), Hadronenphysik (Beschleunigerexperimente bei GSI und später an FAIR sowie theoretische Arbeiten zum Verständnis von komprimierter, stark wechselwirkender Materie) und Strahlungsphysik (Radioonkologische Arbeiten zur strahleninduzierten Zellschädigung und der Kontrolle von Tumorbestrahlungen mit in-beam PET, vorrangig an ELBE sowie an der Ionentherapieanlage der GSI) konzentriert. Das Institut nutzt dafür zwei Drittel der an der Strahlungsquelle ELBE verfügbaren Strahlzeit.

Die besondere Rolle des FZD beim Bau komplexer Detektoren bei der GSI resultiert aus der Tatsache, dass die Anlagen des Detektorlabors durch erfahrenes technisches Personal ergänzt werden, das nicht nur den Detektorbau beherrscht, sondern auch kompetent bezüglich der Datenauslese und -verarbeitung ist. Im Unterschied zu der an Universitäten vorherrschenden Vergabe entsprechender Diplom- und Doktorarbeiten wird im FZD eine größere zeitliche Kontinuität garantiert, die auch den in der Zählerentwicklung mitarbeitenden Doktorandinnen und Doktoranden zugute kommt.

Nicht umgesetzt wurde die Empfehlung einer Etablierung eines internationalen Programmkomitees für Hadronen- und Kernphysik. Derzeit werden die FE-Vorhaben zur subatomaren Physik regelmäßig durch den Wissenschaftlichen Beirat des FZD evaluiert. Außerdem wird die subatomare Physik an der Strahlungsquelle ELBE durch das entsprechende Scientific Advisory Committee sowie seit Juli 2005 auch durch das interne ELBE Panel beurteilt. Die Experimentvorschläge für die GSI-Anlagen werden vom Experiment-Ausschuss der GSI genehmigt.

- Biologie/Biomedizin

Der Empfehlung zur Bündelung und Stärkung der biologischen und biomedizinischen Kompetenz wurde mit Konzentration der Forschung des FZD auf die Richtungen Onkologie und Radioökologie gefolgt. Insbesondere wurde mit Gründung der Biophysikalischen Abteilung am Institut für Strahlenphysik eine Gruppe etabliert, die biomolekulare Prozesse durch Einsatz von Infrarot-Strahlung programmübergreifend bear-

beitet und interdisziplinäre Seminare zum Programm Lebenswissenschaften abhält. Seit dem Jahr 2000 ist die biologische Kompetenz im Institut für Radiopharmazie durch die Einstellung einer einschlägig qualifizierten Wissenschaftlerin verstärkt worden. Daneben wurde die apparative Basis deutlich ausgebaut. Nicht zuletzt hat die biomedizinische Forschung durch die Integration in das Zentrum für Innovationskompetenz OncoRay sowie das DFG-Forschungszentrum „Regenerative Therapien“ einen wesentlich höheren Stellenwert erhalten.

Die biologisch orientierten Arbeiten im Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung wurden Ende 2004 aufgrund einer Empfehlung des Wissenschaftlichen Beirats eingestellt. Die Einrichtung eines Koordinationsausschusses für die Biologischen Arbeiten des FZD wurde nicht umgesetzt, da sich die Arbeitsgebiete in den Programmen „Lebenswissenschaften“ und „Umwelt und Sicherheit“ zu stark voneinander unterscheiden.

- Hochfeldlabor

Der Vorschlag zur Errichtung eines Hochfeldlabors in Dresden war vom Wissenschaftsrat begrüßt und zur raschen Umsetzung empfohlen worden. Das Hochfeld-Magnetlabor Dresden wurde im geplanten Zeit- und Kostenrahmen aufgebaut. Im Dezember 2004 wurde das gleichnamige FZD-Institut gegründet und Anfang 2007 planmäßig der Nutzerbetrieb aufgenommen.

## **B.VII. Zusammenfassung**

Seit der letzten Begutachtung durch den Wissenschaftsrat hat das FZD sein wissenschaftliches Profil in Richtung einer Großforschungseinrichtung ausgebaut, indem es langfristige Themen hoher Komplexität bearbeitet. Diese strategisch und langfristig ausgerichtete Spitzenforschung in politisch und gesellschaftlich relevanten Forschungsgebieten legt ein stärkeres förderpolitisches Engagement des Bundes nahe.

Für ihre Forschung benötigen die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des FZD den Einsatz von wissenschaftlichen Großgeräten. In den letzten Jahren ist es gelungen, zusätzlich drei hierfür relevante Großgeräteeinrichtungen zu entwickeln und zu installieren, die national und teilweise auch international singulär sind. Die Zahl der Großgeräte im FZD hat sich damit auf sechs verdoppelt.

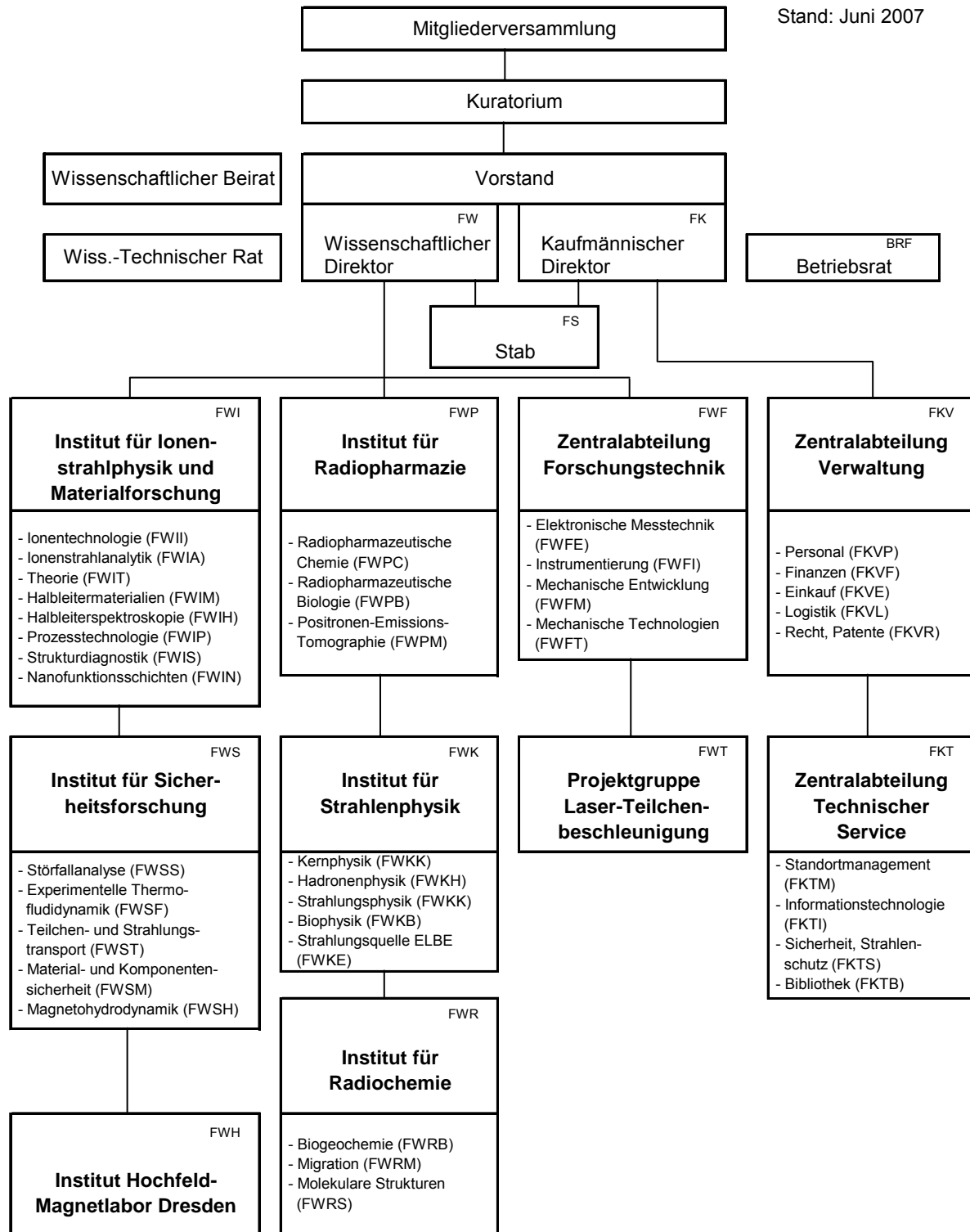
Das FZD leistet sehr gute Arbeit, was sich an zahlreichen qualitativ hochwertigen Publikationen und einer hohen Drittmittelinwerbung, die in den Jahren 2004 bis 2006 deutlich gesteigert wurde, zeigt. Nach Abschluss der Umstrukturierungsmaßnahmen und auch nach Fertigstellung der derzeit im Bau befindlichen Großgeräte ist aufgrund des vorhandenen Potentials mit einer weiteren Steigerung sowohl der Publikationen als auch der Drittmittelinwerbung zu rechnen. National und international ist das FZD sehr gut in die Forschungslandschaft eingebunden und auch als Kooperationspartner, vor allem im Hinblick auf die Nutzung der Großgeräte, sehr gefragt.

Sowohl die wissenschaftlichen als auch die nichtwissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sind hoch motiviert. Dem FZD steht ein sehr engagierter Direktor vor, der, unterstützt vom Wissenschaftlichen Beirat, den Prozess der Umstrukturierung, welcher voraussichtlich 2010 abgeschlossen sein wird, zügig vorantreibt. Dabei sollte allerdings, besonders im bisherigen Programm „Struktur der Materie“, sorgfältig geprüft werden, ob die vorgesehenen Beendigungen und inhaltlichen Umstrukturierungen einzelner FE-Vorhaben tatsächlich der Profilbildung dienen. Auch wird empfohlen, bei der inhaltlichen Ausgestaltung der drei Programme Kooperationen und Absprachen mit anderen Forschungseinrichtungen, die in diesen Gebieten arbeiten, zu suchen. In erster Linie seien hier Zentren der Helmholtz-Gemeinschaft genannt wie das Deutsche Krebsforschungszentrum im Bereich der Krebsforschung und die Forschungszentren Jülich und Karlsruhe für die Bereiche Materialforschung und Sicherheitsforschung.

Die geplante Fokussierung auf die Themen und gleichnamigen Programme Materialforschung, Krebsforschung und Sicherheitsforschung ist sehr zu begrüßen. Damit werden die Schwerpunkte der Forschungsaktivitäten klar im Bereich der Vorsorge- und Materialforschung liegen.



**Anhang 1 Organigramm des Forschungszentrums Dresden-Rossendorf e.V.**



Quelle: FZD

**Anhang 2 Stellenplan des Forschungszentrums Dresden-Rossendorf e.V.  
(ohne Drittmittel)**

Stand: 31. März 2007

<b>Stellenbezeichnung</b>	<b>Wertigkeit der Stellen (Besoldungs-/ Vergütungsgruppe)</b>	<b>Zahl der Stellen insgesamt (Soll)</b>
<b>Stellen für wissenschaftliches Personal</b> Besoldungsgruppe  Vergütungsgruppe (BAT) / Entgeltgruppe (TV-L)	S (B3)	1,0
	S (W 3G)	1,0
	S (C 4)	5,0
	S (W 3)	2,0
	I / AT	13,0
	Ia / 15	30,0
	Ib / 14	46,0
	IIa / 13/14	33,0
<b>Zwischensumme</b>		<b>131,0</b>
<b>Stellen für nichtwissenschaftliches Personal</b>  Vergütungsgruppe (BAT) / Entgeltgruppe (TV-L)  Lohngruppe (MTArb) / Entgeltgruppe (TV-L)	IIaT / 13	8,5
	III / 12	17,5
	IVa / 11	26,5
	IVb / 10	21,0
	Vb / 9	36,0
	Vc / 8	35,0
	VIb / 6	44,0
	VII / 5	34,5
	VIII / 3	9,0
	9 / 9	6,0
	8 / 8	15,0
	6 / 7	9,0
	5 / 6	1,0
	4 / 5	5,0
<b>Zwischensumme</b>		<b>268,0</b>
<b>Insgesamt</b>		<b>399,0</b>

Quelle: FZD



**Anhang 3 Verteilung der Stellen für wissenschaftliches Personal im Forschungszentrum Dresden-Rossendorf e.V. auf die einzelnen Arbeitsbereiche – Ist**

Stand: 31. März 2007

Abteilung/Arbeitsbereich <sup>1)</sup>	Institutionelle und Annexstellen <sup>2)</sup> oder VZÄ für wissenschaftliches Personal <sup>3)</sup>			Drittmittelfinanzierte Beschäftigungsverhältnisse (VZÄ) für wissenschaftliches Personal <sup>3)</sup>			Summe Stellen oder VZÄ für wissenschaftliches Personal <sup>3)</sup>		
	insgesamt	darunter befristet besetzt	darunter un- besetzt	insgesamt	darunter befristet besetzt	darunter un- besetzt	insgesamt	darunter befristet besetzt	darunter un- besetzt
Vorstand	2,00	2,00	-	-	-	-	2,00	2,00	-
Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung	41,50	18,50	-	16,53	15,53	-	58,03	34,03	-
Institut Hochfeld-Magnetiabor Dresden	9,50	7,50	0,50	2,50	2,50	-	12,00	10,00	0,50
Institut für Strahlenphysik	32,35	14,35	0,40	12,50	12,50	-	44,85	26,85	0,40
Institut für Radiopharmazie	22,75	12,50	-	7,75	6,00	-	30,50	18,50	-
Institut für Radiochemie	18,50	9,50	1,00	9,00	9,00	-	27,50	18,50	1,00
Institut für Sicherheitsforschung	24,50	6,50	-	39,10	36,10	-	63,60	42,60	-
Projektgruppe Laser-Teilchenbeschleuniger	1,50	1,50	-	-	-	-	1,50	1,50	-
Zentralabteilung Forschungstechnik	11,00	2,00	-	-	-	-	11,00	2,00	-
Zentralabteilung Technischer Service	10,00	1,00	-	-	-	-	10,00	1,00	-
Zentralabteilung Verwaltung	3,00	-	-	-	-	-	3,00	-	-
Stab	2,00	-	-	1,00	1,00	-	3,00	1,00	-
<b>Insgesamt</b>	<b>178,60</b>	<b>75,35</b>	<b>1,90</b>	<b>88,38</b>	<b>82,63</b>	<b>-</b>	<b>266,98</b>	<b>157,98</b>	<b>1,90</b>

1) Zum wissenschaftlichen Geschäftsbereich gehören die sechs Institute, die Projektgruppe Laser-Teilchenbeschleunigung sowie die Zentralabteilung Forschungstechnik. -

2) Aus stellenplanunabhängigen institutionellen Mitteln.

3) Wissenschaftliches Personal beinhaltet Wissenschaftler/Wissenschaftlerinnen und Doktoranden/Doktorandinnen.

Quelle: FZD

**Anhang 4 Vom Forschungszentrum Dresden- Rossendorf e.V. in den Jahren  
2004-2006 eingeworbene Drittmittel nach Drittmittelgebern**

Stand: 31. Dezember 2006

Arbeitsbereich	Drittmittelgeber	Drittmittel in T€(gerundet)			Summe
		2004	2005	2006	
Institut für Ionenstrahl- physik und Material- forschung	DFG	355	-	308	663
	Bund	159	244	96	499
	Land	-	7	170	177
	EU	836	824	1.573	3.233
	Wirtschaft	325	540	504	1.369
	Stiftungen	-	-	-	-
	Sonstige	7	10	6	23
<b>Summe</b>		<b>1.682</b>	<b>1.625</b>	<b>2.657</b>	<b>5.964</b>
Institut für Radiopharmazie	DFG	80	66	86	232
	Bund	-	5	-	5
	Land	9	-	-	9
	EU	488	-	-	488
	Wirtschaft	452	522	1.068	2.042
	Stiftungen	-	-	-	-
	Sonstige	2	10	6	18
<b>Summe</b>		<b>1.031</b>	<b>603</b>	<b>1.160</b>	<b>2.794</b>
Institut für Radiochemie	DFG	67	85	183	335
	Bund	197	282	718	1.197
	Land	139	-	-	139
	EU	94	421	179	694
	Wirtschaft	14	33	111	158
	Stiftungen	-	-	-	-
	Sonstige	20	7	-	27
<b>Summe</b>		<b>531</b>	<b>828</b>	<b>1.191</b>	<b>2.550</b>
Institut für Sicherheits- forschung	DFG	2.411	1.021	99	3.531
	Bund	398	-	3.220	3.618
	Land	-	10	13	23
	EU	287	869	256	1.412
	Wirtschaft	745	1.533	299	2.577
	Stiftungen	-	50	-	50
	Sonstige	-	-	-	-
<b>Summe</b>		<b>3.841</b>	<b>3.483</b>	<b>3.887</b>	<b>11.211</b>
Institut für Strahlenphysik	DFG	-	-	1	1
	Bund	1	23	494	518
	Land	-	6	8	14
	EU	51	80	381	512
	Wirtschaft	185	-	490	675
	Stiftungen	-	-	-	-
	Sonstige	8	-	-	8
<b>Summe</b>		<b>245</b>	<b>109</b>	<b>1.374</b>	<b>1.728</b>

noch Anhang 4

Arbeitsbereich	Drittmittelgeber	Drittmittel in T€(gerundet)			Summe
		2004	2005	2006	
Hochfeld-Magnetlabor Dresden	DFG	-	-	-	-
	Bund	-	-	-	-
	Land	-	-	-	-
	EU	-	645	-	645
	Wirtschaft	-	-	-	-
	Stiftungen	-	-	-	-
	Sonstige	-	-	-	-
<b>Summe</b>		-	<b>645</b>	-	<b>645</b>
Zentralabteilung Strahlungsquelle ELBE	DFG	-	-	55	55
	Bund	555	-	-	555
	Land	-	-	-	-
	EU	402	121	-	523
	Wirtschaft	-	-	15	15
	Stiftungen	-	-	-	-
	Sonstige	-	-	-	-
<b>Summe</b>		<b>957</b>	<b>121</b>	<b>70</b>	<b>1.148</b>
Zentralabteilung Forschungstechnik	DFG	-	-	-	-
	Bund	-	-	-	-
	Land	-	-	-	-
	EU	-	-	-	-
	Wirtschaft	-	72	1	73
	Stiftungen	-	-	-	-
	Sonstige	-	-	-	-
<b>Summe</b>		-	<b>72</b>	<b>1</b>	<b>73</b>
Vorstand/technischer Service	DFG	-	-	-	-
	Bund	-	-	-	-
	Land	100	-	-	100
	EU	-	-	-	-
	Wirtschaft	184	-	37	221
	Stiftungen	-	-	-	-
	Sonstige	-	-	-	-
<b>Summe</b>		<b>284</b>	-	<b>37</b>	<b>321</b>
<b>FZD insgesamt</b>	<b>DFG</b>	<b>2.913</b>	<b>1.172</b>	<b>732</b>	<b>4.817</b>
	<b>Bund</b>	<b>1.310</b>	<b>554</b>	<b>4.528</b>	<b>6.392</b>
	<b>Land</b>	<b>248</b>	<b>23</b>	<b>191</b>	<b>462</b>
	<b>EU</b>	<b>2.158</b>	<b>2.960</b>	<b>2.389</b>	<b>7.507</b>
	<b>Wirtschaft</b>	<b>1.905</b>	<b>2.700</b>	<b>2.525</b>	<b>7.130</b>
	<b>Stiftungen</b>	-	<b>50</b>	-	<b>50</b>
	<b>Sonstige</b>	<b>37</b>	<b>27</b>	<b>12</b>	<b>76</b>
<b>Summe</b>		<b>8.571</b>	<b>7.486</b>	<b>10.377</b>	<b>26.434</b>

Quelle: FZD

## **Anhang 5 Vom Forschungszentrum Dresden-Rossendorf e.V. eingereichte Unterlagen**

- Antworten des FZD auf den Fragebogen des Wissenschaftsrates
- Kurzer Abriss der Geschichte des FZD
- Organigramm
- Satzung
- Wirtschaftsplan (Programmbudget) 2007/2008 des FZD (Fassung vom 19.5.2007)
- Jahresbericht 2006 des FZD
- Tätigkeitsbericht 2006 an das Kuratorium
- Stellenplan, Stellenverteilungsplan, Übersicht über Altersstruktur und Verweildauer und Listen der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter
- Übersicht über 2004-2006 eingeworbene Drittmittel und Liste der Drittmittelprojekte
- Literaturliste 2004-2006 einschl. quantitativer Übersicht
- Liste abgeschlossener Promotions- und Habilitationsarbeiten 2004-2006
- Liste der Lehrveranstaltungen von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des FZD 2004-2006
- Liste der Gastwissenschaftler im FZD sowie der Gastaufenthalte von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des FZD 2004-2006
- Liste sonstiger größerer Veranstaltungen der wissenschaftlichen/technischen Aus-, Fort- und Weiterbildung des FZD 2004-2006
- Liste der nationalen und internationalen wissenschaftlichen Veranstaltungen des FZD 2004-2006
- Liste der Wissenschaftler/-innen, die 2004-2006 in wissenschaftlich oder wissenschaftspolitisch relevante Gremien berufen wurden
- Mitglieder des Wissenschaftlichen Beirats und des Kuratoriums des FZD
- Protokolle der Sitzungen des Wissenschaftlichen Beirats vom 10.4.2006, 23.11.2006 und 21.6.2007
- Liste der Kooperationsverträge des FZD mit Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Firmen
- Forschungspreise