

Wissenschaftsrat

**Stellungnahme zum
Institut für Festkörperphysik
und Elektronenmikroskopie
in Halle (Land Sachsen-Anhalt)**

Stellungnahme
zum Institut für Festkörperphysik und Elektronenmikroskopie
in Halle (Land Sachsen-Anhalt)

<u>Inhalt</u>	<u>Seite</u>
Vorbemerkung	2
a) Entwicklung, Aufgaben, Ausstattung	3
b) Lehre, Zusammenarbeit, Publikationspraxis	5
c) Arbeitsschwerpunkte und wissenschaftliche Leistungsfähigkeit	6
d) Perspektiven für die Weiterführung der wissenschaftlichen Arbeiten	15
e) Zusammenfassende Beurteilung	18
Anhang: Verzeichnis der verwendeten Unterlagen	20

Vorbemerkung

Die Regierung der seinerzeit noch bestehenden Deutschen Demokratischen Republik sowie die Regierungen von Bund und Ländern der Bundesrepublik Deutschland haben im Juli 1990 den Wissenschaftsrat gebeten gutachtlich zu den außeruniversitären Forschungseinrichtungen der damaligen DDR Stellung zu nehmen. Hierbei geht es im wesentlichen darum, auf der Grundlage der im Juli 1990 von Wissenschaftsrat verabschiedeten Empfehlungen zu "Perspektiven für Wissenschaft und Forschung auf dem Weg zur deutschen Einheit" Lösungsmöglichkeiten für die Fortführung der qualitativ gut beurteilten Forschungsinstitute in einem nach internationalen Qualitätsmaßstäben wettbewerbsfähigen gemeinsamen deutschen Forschungssystem zu finden.

Der Wissenschaftsrat hat zur Vorbereitung seiner Stellungnahmen Arbeitsgruppen zur Bestandsaufnahme der außeruniversitären Forschungseinrichtungen eingesetzt, denen auch Sachverständige aus allen Teilen Deutschlands sowie dem Ausland angehören, die nicht Mitglieder des Wissenschaftsrates sind. Ihnen ist der Wissenschaftsrat zu besonderem Dank verpflichtet.

Die vorliegende Stellungnahme stützt sich auf die Auswertung der vom Institut für Festkörperphysik und Elektronenmikroskopie (IFE) in Halle vorgelegten Materialien, seine Antworten auf die allen AdW-Instituten gleichlautend gestellten Fragen und die Einsichten, die anlässlich des Besuchs der Arbeitsgruppe Physik des Wissenschaftsrates am 14. Januar 1991 gewonnen wurden.

Auf dieser Grundlage wurde die folgende Stellungnahme vorbereitet, dem Evaluationsausschuß des Wissenschaftsrates im Februar 1991 vorgelegt und am 13.3.1991 vom Wissenschaftsrat verabschiedet.

a) Entwicklung, Aufgaben, Ausstattung

Das Institut für Festkörperphysik und Elektronenmikroskopie (IFE) wurde am 1. Januar 1960 von Professor H. Bethge gegründet und in den folgenden Jahren zu einem Institut ausgebaut, das es als seine originäre Aufgabe ansah, ausgewählte Probleme der Festkörperphysik mit Hilfe elektronenmikroskopischer Methoden zu bearbeiten, sie dabei den jeweiligen Aufgaben anzupassen oder auch neue elektronenmikroskopische Verfahren zu entwickeln.

Trotz seiner vorübergehenden Angliederung an das Zentralinstitut für Festkörperphysik und Werkstoffforschung in Dresden anfangs der siebziger Jahre konnte das Institut stets seine Eigenständigkeit und Spezifität bewahren. Besonders die hochauflösende Elektronenmikroskopie wurde im IFE als Methode etabliert und systematisch bei Themen der materialphysikalischen Grundlagenforschung und der angewandten Materialforschung eingesetzt. Es ist dem IFE stets gelungen, zu jeder Zeit über die modernsten elektronenmikroskopischen Geräte zu verfügen.

Zu den festkörperphysikalischen Themen gehörten u.a. die Mechanismen des Kristallwachstums, die Bildung dünner Schichten, spezielle Probleme der Oberflächenphysik und Fragestellungen aus dem Forschungsgebiet Bruch und Plastizität, insbesondere im Zusammenhang mit Defektstrukturen in Kristallen. Vor allem im Bereich halbleiterphysikalischer Themenstellungen erwies sich der ständige Kontakt zur Industrie als besonders günstig, da auf diese Weise interessante und aktuelle Materialien zur Verfügung standen. Das IFE hat sich nicht nur die apparativen Voraussetzungen zum Einsatz elektronenmikroskopischer Verfahren geschaffen, sondern auch Beiträge zur theoretischen Interpretation von elektronenmikroskopischen Bildern geleistet und die Präparationstechnik weiterentwickelt.

Die auch im internationalen Vergleich ausgewiesene Stellung des IFE führte 1985 zur Gründung des "Internationalen Zentrums für Elektronenmikroskopie (IZE)", an dem Länder aus dem RGW-Raum beteiligt sind, die über keine entsprechenden Einrichtungen verfügen.

Der Stellenplan wies im Jahre 1990 178 Planstellen aus. Anfang 1991 betrug die Zahl der voll- und teilzeitbeschäftigten Mitarbeiter noch 161. Sie verteilen sich wie folgt auf die einzelnen Abteilungen (mit Hochschulausbildung/Sonstige):

Elektronenmikroskopie	19/5
Höchstspannungselektronenmikroskopie	8/4
Rasterelektronenmikroskopie	10/3
Grenzflächenanalytik	13/1
Grenzflächen und dünne Schichten	15/3
Plastizität und Bruch	11/2

Hinzu kommen die Mitarbeiter in der Leitung (5/2), der Bibliothek (5/1) und für die Rechentechnik (4/2), in der Abteilung Technik und Konstruktion (-/9), in der feinmechanischen Werkstatt (-/12), der Elektronik-Werkstatt (-/10), im Fotolabor (-/3) und für die Ökonomie (-/10) sowie das Betriebspersonal (-/4). Nicht enthalten sind die anteiligen Stellen einer zentralen Versorgungs- und Dienstleistungseinrichtung (VDE) in Halle, die für einen Teil der Verwaltungsarbeiten und die Haustechnik zuständig ist. Von den 90 wissenschaftlichen Mitarbeitern sind ca. zwei Drittel Physiker.

Die Gesamtausgaben des Instituts (Personal- und Sachmittel sowie Investitionen) betragen 1989 ca. 6 Mio M. Die Gesamteinnahmen des Instituts betragen im selben Jahr ca. 7,2 Mio M (davon allerdings fast 7 Mio durch Vertragsforschung mit staatlichen Unternehmen, die wieder an den Geldgeber abgeführt wurden).

b) Lehre, Zusammenarbeit, Publikationspraxis

Das Institut ist aus einer Abteilung der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg hervorgegangen. Diese Verbindung ging nie verloren. Die führenden Wissenschaftler des IFE halten regelmäßig Vorlesungen an den Universitäten in Halle und Leipzig.

Das Institut hat seit seiner Gründung über 50 junge Wissenschaftler zur Promotion geführt, wobei es vom Promotionsrecht der Akademie keinen Gebrauch machte. Die wissenschaftliche Leitung des IFE hat stets darauf bestanden, daß Promotionen nur an Hochschulen durchgeführt werden sollten. Gegenwärtig arbeiten 14 Wissenschaftler an ihrer Promotion und 4 Mitarbeiter an der Habilitation.

Das IFE war bemüht, möglichst viele, insbesondere jüngere Mitarbeiter an Tagungen und Konferenzen teilnehmen zu lassen. Der Institutsleitung ist es gelungen, einem in Vergleich zu anderen Instituten hohen Anteil (40%) der Wissenschaftler Reisen in nichtsozialistische Länder zu ermöglichen und internationale Kontakte zu pflegen. Viele Kontakte konnten auch schon vor der politischen Wende in der DDR zu Kooperationen ausgebaut werden und führten teilweise zu gemeinsamen Seminaren und Publikationen. In den westlichen Bundesländern bestehen besonders enge Beziehungen zum Fritz-Haber-Institut in Berlin, zum Max-Planck-Institut für Metallforschung in Stuttgart, zum Max-Planck-Institut für Strömungsforschung in Göttingen, zum Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik in Freiburg, zum HASYLAB des Deutschen Elektronen Synchrotrons (DESY) in Hamburg und zu den Universitäten in Tübingen, Göttingen und Stuttgart. Darüber hinaus gab es Kontakte und Kooperationsbeziehungen zu Institutionen in zahlreichen westeuropäischen Ländern und auch in den USA. Eine besondere Rolle spielte das Internationale Zentrum für Elektronenmikroskopie. Zu seinem

Arbeitsprogramm gehören Aufenthalte von Wissenschaftlern der beteiligten Länder zur Weiterqualifizierung sowie zur Durchführung gemeinsamer Forschungsarbeiten. Daneben veranstaltet das Zentrum alljährlich Ferienschulen, deren Themen von der Theorie der Bildverarbeitung hochauflösender Elektronenmikroskope bis hin zur Anwendung besonderer elektronenmikroskopischer Verfahren auf Probleme der Mikroelektronik reichen.

Die zahlreichen Veröffentlichungen des IFE erschienen mit erheblichem Anteil auch in Fachzeitschriften und Tagungsbänden des westlichen Auslandes. In den letzten Jahren kamen im Jahresdurchschnitt ca. 100 Publikationen heraus und wurden ca. 200 Vorträge gehalten.

Unter den veröffentlichten Monographien ist insbesondere das von der Leitung des Instituts herausgegebene und ausschließlich von Mitarbeitern des IFE verfaßte Buch "Elektronenmikroskopie in der Festkörperphysik" hervorzuheben, das auch in englischer Übersetzung vorliegt.

Die im Rahmen der Vertragsforschung mit industriellen Partnern erzielten Ergebnisse wurden in Form von vorher vereinbarten Berichten (ca. 50 pro Jahr) oder auch in Form von Patenten übergeben. In der Regel war es möglich, die Ergebnisse in Veröffentlichungen oder auf Tagungen allgemein bekannt zu machen.

c) Arbeitsschwerpunkte und wissenschaftliche Leistungsfähigkeit

Der Ansatz des Instituts, festkörperphysikalische und materialwissenschaftliche Fragenstellungen mit elektronenmikroskopischen Methoden zu bearbeiten, hatte die natürliche

Konsequenz, daß auch die Elektronenmikroskopie selbst zum Forschungsobjekt wurde und neue elektronenmikroskopische Methoden und Analysegeräte entwickelt wurden. Die Entwicklungen erfolgten jeweils in den einzelnen Abteilungen und ergaben sich aus den Anforderungen der jeweiligen Forschungsaufgaben. Diese Arbeiten werden hier zuerst genannt, da dadurch die Darstellung der Bearbeitung und Bewertung der materialwissenschaftlichen Themen vereinfacht wird.

Hauptarbeitsrichtung der theoretischen Untersuchungen ist die Bildinterpretation in der hochauflösenden Elektronenmikroskopie. Es wurden Computerprogramme nicht nur auf der Basis der klassischen kinematischen und dynamischen Theorien der Elektroneninterferenzen entwickelt, sondern auch eine Berechnung der elektronenmikroskopischen Bilder mit Hilfe der Blochwellen- bzw. Multislice-Methode implementiert. Dadurch konnte u.a. die Form polyedrischer Teilchen aus der Reflexfeinstruktur und Kriterien für die elektronenmikroskopische Abbildung amorpher Objekte abgeleitet werden.

Simulationsrechnungen mit Objektwellen-Phasen tragen zur Lösung des inversen Problems und zu einer direkten Strukturerkennung bei. Trotz der beschränkten Computerkapazität haben die Mitarbeiter auf diesem Gebiet Pionierarbeit geleistet. Sie haben als erste die begleitende optische und numerische Bildsimulation und Interpretation zu einem integralen Bestandteil des hochauflösenden elektronenmikroskopischen Arbeitens gemacht. Unter Berücksichtigung der automatisch ermittelten Abbildungsparameter und -fehler werden dabei kristallographische Strukturen ausgewertet und Orientierungsbeziehungen zwischen verschiedenen Phasen und Kristalldefekten erfaßt. Ohne Zweifel besteht hier ein hochwertiges Know-how auf dem Gebiet der elektronenmikroskopischen Kontrasttheorie.

Untersuchungen zur rasterelektronenmikroskopischen Kontrastentstehung werden mit Hilfe von Monte-Carlo-Rechnungen durchgeführt. Auf diese Weise gelingt es, vertiefte Einsichten in die Zusammenhänge zwischen Elektronen-Target-Wechselwirkung und Kontrastentstehung zu gewinnen. Auch wenn die Erkenntnisse von grundsätzlichem Wert beim Einsatz der Rasterelektronenmikroskopie sind, sollten die Arbeiten bei besserer Rechnerausstattung problemorientiert und mit reduziertem Personalaufwand fortgeführt werden.

Das IFE hat durch den Nachbau von Geräten und eigene Entwicklungen stets Anschluß an den internationalen Standard gehalten und selbst die Palette der elektronenmikroskopischen Meßverfahren erweitert. Für den Einsatz in der Oberflächenanalytik wurde insbesondere die Photoemissionselektronenmikroskopie methodisch und gerätetechnisch entwickelt. Eine spezielle Ausführung dieses Gerätes soll am Berliner Elektronenspeicherring für Synchrotronstrahlung (BESSY) eingesetzt werden. Trotz des prinzipiell eingeschränkten Auflösungsvermögens (3 bis 5nm) ist diese Methode für spezielle Fragestellungen z.B. im Zusammenhang mit Keimbildung und Inselwachstum ultradünner Metallschichten das zu bevorzugende Verfahren.

Für das Höchstspannungselektronenmikroskop wurde eine Kombination von Dehn- und Heiztisch mit Goniometerkopf als Objekthalterung konstruiert, die die in-situ Beobachtung des dynamischen Verhaltens von Objekten unter mechanischer und thermischer Belastung gestattet. Die maximale Temperatur von 1300°C liegt weit über dem üblichen Standard. Die damit geschaffenen Möglichkeiten bei strukturellen Untersuchungen von Hochtemperaturwerkstoffen und z.B. bei der Beobachtung des Ausheilens von Defektstrukturen in Halbleitern nach Ionenimplantation erlauben es dem IFE, Themen aufzugreifen, die bisher experimentell nicht bearbeitet werden konnten.

Das in der Anfangszeit im IFE entwickelte Spiegelelektronenmikroskop hat wegen seines begrenzten Auflösungsvermögens nur bei speziellen Problemen, wie der Beobachtung der Domänenstruktur von Magnetspeicherplatten Anwendung gefunden. Es werden nunmehr Arbeiten vorangetrieben, eine Kombination mit dem Nachbau eines Rastertunnelmikroskopes zu schaffen. Ziel der Entwicklung ist es, mit den Spiegelelektronenmikroskop in kurzer Zeit hinreichend ebene Flächen auf einer Probe zu identifizieren, die für eine Untersuchung mit dem Rastertunnelmikroskop geeignet sind. Die Erfolgsaussichten für das Unterfangen werden eher skeptisch beurteilt.

Bei der Entwicklung von Linsen und Filtern sowie speziellen Elektronen-/Ionenquellen wirkt nachteilig, daß das Institut keinen ausgewiesenen Elektronenoptiker hat. Die für die Konstruktion solcher Komponenten notwendigen elektronenoptischen Berechnungen könnten auf einem höheren Niveau durchgeführt werden.

Für die gerätetechnischen Entwicklungen besitzt das IFE einen Stamm erfahrener Techniker und Ingenieure. Sie können dabei auf effektive feinmechanische und elektronische Werkstätten zurückgreifen, die auch die heute notwendige UHV-Technologie bzw. die Herstellung spezieller Hardware zur Verbindung von Experiment und Computer beherrschen.

Die materialwissenschaftlichen Arbeitsschwerpunkte des IFE lassen sich den Bereichen

- (1) Festkörperstrukturen im Mikrometer- und Submikrometerbereich, insbesondere Realstrukturen von Halbleitern
- (2) Wachstumsprozesse von dünnen und ultradünnen Schichten, Strukturen in Dünnschichtsystemen und von Ober- und Grenzflächen

(3) Mikrostruktur und Festigkeit von Werkstoffen, Mikroprozesse des Bruchs

zuordnen.

(1) Durch Untersuchungen zur Realstruktur von Halbleitern im Mikrometer- und Submikrometerbereich und zur Charakterisierung von Defekten hat das IFE wesentliche Beiträge zu technologischen Fragestellungen der Bauelemententwicklung geleistet. Es wurden Messungen zur Ausscheidungs- und Defektkinetik in Silizium und der Rekombinationsaktivität von Defekten mit Hilfe des vorhandenen elektronenmikroskopischen Instrumentariums, insbesondere der hochauflösenden Elektronenmikroskopie durchgeführt und daraus grundlegende Aussagen zu den beteiligten atomaren Prozessen erarbeitet. Die elektronenmikroskopischen Verfahren wurden dabei durch weitere Methoden komplementiert, um die gewonnenen Daten in möglichst umfassender Weise interpretieren zu können. Dazu gehören insbesondere das Kathodolumineszenzverfahren und die Messung elektronenstrahlinduzierter Ströme. Auch die methodischen Entwicklungen zu diesen Verfahren haben international Beachtung gefunden.

Dasselbe gilt für die Verbindung eines Rasterelektronenmikroskops mit der Spektroskopie tiefer Störstellen in Halbleitermaterialien. Das hier erzielte Auflösungsvermögen wird in keinem anderen Laboratorium erreicht. Simultane Elektronenenergieverlustspektroskopie liefert ein Optimum an Informationen und ermöglicht neue Erkenntnisse bei grundlegenden Fragestellungen der Halbleiterforschung.

Die Arbeiten zu diesem Themenschwerpunkt sind auch im internationalen Vergleich als herausragend zu bezeichnen.

(2) Elektronenmikroskopische Untersuchungen an dünnen Schichten dienen der Identifikation allgemeiner Gesetzmäßigkeiten, nach denen sich ihre Strukturen bilden. Dazu werden an ausgewählten Dünnschichtsystemen und an kleinen Teilchen neben der kristallographischen Orientierung und Textur die Oberflächenmorphologie sowie die Korn- und Defektstrukturen ermittelt.

Bei der Charakterisierung der Wachstumsmoden dünner Schichten ist es an Modellsubstanzen gelungen, die Keimbildungsprozesse zu identifizieren sowie die Bildung von Korngrenzen und die anschließende Kornevolution zu beobachten. Als wichtigster Elementarprozeß wurde die Bewegung atomarer Oberflächenstufen erkannt. Die dabei verwendete Gold-Dekorationsmethode wird auch bei der Beobachtung der thermisch aktivierten und photostimulierten Stufendynamik auf Kristalloberflächen eingesetzt. Die Ergebnisse und erste mit Hilfe der Heliumrückstreumethode (externe Kooperation) gewonnene Daten lassen neue Erkenntnisse zur photostimulierten Desorption erwarten.

Auch bei der Untersuchung ultradünner Metallschichten geht es um die Aufdeckung der Zusammenhänge zwischen Mikromorphologie, kristallographischer Struktur, Elektronenstruktur und Oberflächenprozessen. In den letzten Jahren standen sehr dünne (bis zu einigen Monolagen) epitaktische Schichten im Vordergrund des Interesses. Dazu wurden eigens spezielle Techniken zur Präparation von Au/Ag-Systemen im Ultrahochvakuum entwickelt, die sich besonders gut elektronenmikroskopisch charakterisieren lassen. Die Kombination der Photoemissionselektronenmikroskopie mit der im IFE theoretisch und experimentell erarbeiteten Profilanalyse von Reflexen bei der Beugung langsamer Elektronen werden die Untersuchung weiterer Systeme erlauben. Neuerdings werden auch energie- und winkelaufgelöste Photoemissionsmessungen im HASYLAB des DESY durchgeführt, wodurch zusätzliche Informationen erwartet werden. Auch die Absorption

von Metallen auf Silizium und die anschließende Silicidbildung konnte mittels Beugung langsamer Elektronen und Auger-Spektroskopie charakterisiert werden.

Weitere Untersuchungen werden zur Beschreibung der strukturellen Änderungen dünner Schichten bei thermischer Behandlung und mechanischer Beanspruchung durchgeführt. Entscheidend für den Erfolg der Arbeiten waren die in-situ Beobachtung der Effekte im Höchstspannungselektronenmikroskop.

Ein weiteres Thema dieses Schwerpunkts ist die Beobachtung von Grenzflächenreaktionen, insbesondere der dabei entstehenden neuen Phasen. Es gelingt z.B., epitaktische Spinellschichten herzustellen und zu charakterisieren, die bei optischen Supergittern Verwendung finden sollen. Neuere Arbeiten zielen darauf ab, Silizium-Substrate durch das Aufwachsen von Puffer-Schichten so zu verändern, daß sie sich zur Abscheidung von Hoch- T_c -Supraleiterschichten eignen.

Zunehmende Bedeutung gewinnen in der Materialforschung Untersuchungen der Eigenschaften kleiner Teilchen im Nanometerbereich. Das IFE ist zur Durchführung solcher Messungen besonders gut gerüstet. Erste Experimente wurden u.a. an bestimmten metallischen Gläsern im Zusammenhang mit Untersuchungen über die Eignung dieser Materialien zur magnetischen Datenspeicherung durchgeführt. Dabei ist es gelungen, die Kinetik der Ausscheidung kleiner Bariumferritteilchen aus amorphisierten Mutterphasen zu verfolgen.

Das Niveau der Arbeiten in diesem Schwerpunkt ist auch im internationalen Vergleich besonders hoch zu bewerten.

(3) Der Schwerpunkt der Arbeiten zu Mikrostruktur und Festigkeit besteht darin, die im IFE erarbeiteten Resultate zum Verhalten von Mikrostrukturen unter äußerer Spannung auf technologisch relevante Systeme zu übertragen und mit

makroskopischen Parametern zu verknüpfen. Untersuchungen an Grenzflächen, die zunächst an Modellsubstanzen durchgeführt wurden, konzentrierten sich in den letzten Jahren zunehmend auf keramische Werkstoffe. Durch die Verbindung von theoretischen Ergebnissen zur Modellierung von Grenzflächen und elektronenmikroskopischen Untersuchungen konnten zahlreiche Grenzflächenphänomene in keramischen Werkstoffen charakterisiert werden, so z.B. Keimbildungsmechanismen und Hochtemperatureigenschaften der martensitischen Phasentransformation in Zirkondioxyd, die Entstehung spezieller amorpher Korngrenzenphasen und Dekohäsionszonen in Phasengrenzen als Initialstadien der Mikrorißbildung.

Messungen zu Korngrenzenprozessen dienten der Klärung des Einflusses der Barrierenwirkung von Korngrenzen in elektrischen Funktionskeramiken und der Gefügeoptimierung in Stählen zur Vermeidung von Riesenkornwachstum.

An ausgewählten keramischen Systemen gelang es, die Versetzungsdynamik im Höchstspannungsmikroskop in situ zu beobachten und die dabei auftretenden Versetzungsmechanismen zu identifizieren. Die Arbeiten führten zu einer eindeutigen Korrelation zwischen Mikrostruktur und Verformungsverhalten sowie der Bruchzähigkeit.

Als Untersuchungsmethoden dient vorwiegend die Transmissionselektronenmikroskopie im Beugungskontrast und die hochauflösende Elektronenmikroskopie zur Abbildung von Korn-, Zwillings- und Phasengrenzen sowie von Gitterdefekten und amorphen Bereichen. Ohne das Höchstspannungselektronenmikroskop mit seiner speziellen Einrichtung zu in situ Messungen unter thermischer und mechanischer Belastung ließen sich die Untersuchungen zur mikrostrukturellen Optimierung von Hochtemperaturkeramiken im Hinblick auf ihre Festigkeitseigenschaften nicht durchführen. Zur Zeit sind solche Arbeiten in Deutschland nur im IFE möglich.

Die Qualität der bisher geleisteten Arbeit und die profunden Kenntnisse der Mitarbeiter haben zu zahlreichen Kooperationen auch mit industriellen Partnern in den alten Bundesländern geführt. Neue, technologisch relevante Materialien, wie die faserverstärkten Verbundwerkstoffe und ausscheidungsgehärtete Legierungen, wurden bereits in das Arbeitsprogramm aufgenommen.

Die Arbeiten zu diesen Themen sind ein gutes Beispiel, wie Erkenntnisse der Grundlagenforschung unmittelbar zur Beantwortung technologisch relevanter Fragestellungen genutzt werden können.

Die Untersuchungen zum Sprödbruch in amorphen Körpern (Glaswerkstoffe) lieferten Einblicke in die Natur der plastischen Zone an der Rißspitze sowie Ansätze zur Erhöhung der Festigkeit von mikroheterogenisierten Gläsern. Aus heutiger Sicht scheint es nicht sinnvoll, diese Arbeiten weiterzuführen. Die Fraunhofer-Gesellschaft beabsichtigt das Know-how der Mitarbeiter zu nutzen, um seine Arbeiten zur Strukturaufklärung und Charakterisierung der Festigkeitseigenschaften von Glas und Keramik unter fertigungstechnologischen und einsatzspezifischen Aspekten im Institut für Werkstoffmechanik in Freiburg zu komplettieren.

Die mit hoher Kompetenz durchgeführten Arbeiten zu bruchmechanischen Problemen mit Hilfe Finite-Element- und Rand-Element-Methoden und die Arbeiten zur Schadensanalyse mit Hilfe der Fraktographie sind nicht unmittelbar an die elektronenmikroskopischen Geräte gebunden. Die beteiligten Mitarbeiter haben fast ausschließlich industrielle Aufträge bearbeitet, die eine wesentliche Einnahmequelle des Instituts waren. Die Arbeiten fallen ebenfalls in das Spektrum des Angebots des Fraunhofer-Instituts für Werkstoffmechanik. Auch hier ist eine Weiterführung durch die Fraunhofer-Gesellschaft geplant.

d) Perspektiven für die Weiterführung der wissenschaftlichen Arbeiten

(1) Vorstellungen des Instituts

Das IFE, das bei der Entwicklung und Anwendung elektronenmikroskopischer Methoden eine herausragende Stellung einnimmt, sieht sich in der Lage, auch künftig aktuelle materialwissenschaftliche Fragestellungen aufzugreifen, deren Bearbeitung primär eine elektronenmikroskopische Experimentiertechnik erfordert. Die Bereiche "niedrig-dimensionierte Systeme", "Festkörperstrukturen im Nanometerbereich" und "mikrostrukturell konstruierte Werkstoffe" werden dabei im Vordergrund des Interesses stehen. Auf methodischem Gebiet beabsichtigt das IFE, seine Kenntnisse zur hochauflösenden Elektronenmikroskopie weiter zu vertiefen und theoretische Beiträge zur quantitativen Objektrekonstruktion durch eine vollständige Rekonstruktion von Amplitude und Phase der Elektronenwelle zu leisten.

Das IFE sieht seine Arbeiten im Vergleich zu denen der Max-Planck-Institute in Stuttgart und Berlin und wertet seine eigenen Schwerpunkte als mögliche Ergänzung und tragfähige Kooperationsbasis zu den dortigen Aktivitäten. Auch die Grundlagenarbeiten zur plastischen Verformung und zur Festigkeit von Metallen, Keramiken und Gläsern könnten mit Arbeiten des MPI für Metallforschung in Stuttgart koordiniert werden. Als Partner für die anwendungsorientierten Themen zur Bruchmechanik und Schadensanalyse bietet sich das Institut für Werkstoffmechanik der Fraunhofer-Gesellschaft in Freiburg an.

Auch die methodischen Arbeiten zur Geräteentwicklung sollten weitergeführt werden. Die Ergebnisse würden dem Internationalen Zentrum für Elektronenmikroskopie unmittelbar

zur Verfügung stehen, dessen Erhalt schon aus wissenschaftspolitischen Gründen angezeigt sei, da einige östliche Länder auf dieses Potential angewiesen seien.

(2) Stellungnahme

Das IFE hat seit seiner Gründung seine Aufgabe darin gesehen, Probleme der Festkörperphysik und Materialforschung mit Hilfe elektronenmikroskopischer Methoden zu bearbeiten und dabei auch die Elektronenmikroskopie selbst methodisch weiterzuentwickeln.

Es hat wissenschaftlich hervorragende Arbeit bei Untersuchungen zu Struktur und Eigenschaften von Ober- und Grenzflächen und des mechanischen Verhaltens von Werkstoffen sowie bei der Optimierung der Herstellungsbedingungen neuer Materialien geleistet.

Das IFE nimmt unter den physikalischen Instituten der ehemaligen AdW eine herausragende Stellung ein. Es sollte unter allen Umständen erhalten bleiben. Die Qualität seiner Forschungsergebnisse entspricht dem Standard der Forschungsleistungen vergleichbarer Max-Planck-Institute. Der Wissenschaftsrat schlägt daher vor, das IFE als ein Institut der Max-Planck-Gesellschaft weiterzuführen.

Der Wissenschaftsrat ist sich bewußt, daß die im IFE bearbeiteten Fragestellungen mit den derzeitigen Aufgaben der Max-Planck-Institute für Metallforschung und für Festkörperforschung in Stuttgart und auch des Fritz-Haber-Instituts in Berlin eng verknüpft sind. Die auf den bisherigen Arbeiten des IFE aufbauenden Forschungsrichtungen "Festkörperstrukturen im Nanometerbereich", "inhomogene und niedrigdimensionale Dünnschichtstrukturen" und "Mikrostrukturen und mechanisches Verhalten von Festkörpern" bieten jedoch ein genügend breites Feld, um Doppelungen von Forschungsar-

beiten weitgehend zu vermeiden. Dabei bleibt es der Max-Planck-Gesellschaft überlassen, schrittweise - u.U. durch einen Institutsverbund - eine sinnvolle Aufgabenteilung zwischen den einzelnen Instituten einzuleiten und insbesondere im Zuge der Berufungen leitender Wissenschaftler eine Abstimmung der Forschungsprogramme herbeizuführen.

Die an sich wünschenswerte Anbindung des Instituts an eine Universität ist wegen seiner Größe nicht realisierbar. Jedoch kann die Verleihung von Honorar- und Apl.-Professuren den engen Kontakt zur Martin-Luther-Universität gewährleisten, so daß die Arbeitsmöglichkeiten des IFE Doktoranden und Diplomanden aus der Universität offen stehen.

Durch das im IFE angesiedelte Internationale Zentrum für Elektronenmikroskopie (IZE) haben sich wertvolle Kooperationsbeziehungen insbesondere zu den Ländern Osteuropas gebildet. Sie sollten auch zukünftig erhalten bleiben. Es ist zu prüfen, ob der Vertrag zwischen den am IZE beteiligten Ländern in der jetzigen Form bestehen bleiben soll oder in geeigneter Weise modifiziert werden kann. Es sollten jedenfalls ausreichend Mittel zur Verfügung stehen, um den internationalen Partnern Forschungsaufhalte am IZE und Teilnahme an dessen Ausbildungsveranstaltungen zu ermöglichen.

Der Wissenschaftsrat begrüßt das Vorhaben der FhG, eine Arbeitsgruppe ihres Instituts für Werkstoffmechanik (IWM), Freiburg, im IFE zu gründen. Sie würde Mitarbeiter aufnehmen, die einerseits mit elektronenmikroskopischen Methoden festigkeitsbestimmende Mikroprozesse analysieren und andererseits mit numerischen Verfahren bruchmechanische Fragestellungen bearbeiten (ca. 20 Mitarbeiter). Die Übernahme ist eine sinnvolle fachliche Ergänzung und Verstärkung des Arbeitsgebiets im IWM und ermöglicht es der FhG, ihr Applikationspotential zu erweitern. Die betroffenen Arbeitsgruppen haben schon in der Vergangenheit ihre Forschungsthemen

in Kooperation mit industriellen Auftraggebern bearbeitet und könnten nur bedingt in ein Institut der Max-Planck-Gesellschaft integriert werden.

Eine Reduzierung des technischen Personals in den wissenschaftlichen Abteilungen wird als wenig sinnvoll angesehen, wenn das Gerätepotential des Instituts auch weiterhin effektiv genutzt werden soll. Eine Senkung des Personalstands scheint dagegen im Infrastrukturbereich möglich, dessen Neuorganisation ohnehin ansteht, da seine Aufgaben teilweise von externen Dienstleistungseinrichtungen wahrgenommen werden.

Langfristig sollte sich die Mitarbeiterzahl an der vergleichbarer Institute orientieren und bei etwa 100 Planstellen liegen. Die in den Instituten der Max-Planck-Gesellschaft übliche Relation zwischen befristet und unbefristet angestellten Mitarbeitern wird sich allerdings erst allmählich einstellen können.

Es wird vorgeschlagen, daß der Bund und die Länder unter Berücksichtigung der Finanzkraft der neuen Bundesländer Übergangsregelungen vereinbaren, die einen ungestörten Fortgang der Arbeit des Instituts ermöglichen.

e) Zusammenfassende Empfehlung

Das Institut für Festkörperphysik und Elektronenmikroskopie nimmt unter den physikalischen Instituten der ehemaligen AdW eine herausragende Stellung ein. Aufbauend auf einem breiten Spektrum zum Teil selbstentwickelter elektronenmikroskopischer Untersuchungsmethoden hat es beeindruckende Ergebnisse in der materialphysikalischen Grundlagenforschung und der angewandten Materialforschung erzielt. Die Qualität seiner Forschungsergebnisse entspricht dem Standard der Forschungsleistungen vergleichbarer Max-Planck-Institute. Der Wissenschaftsrat schlägt daher vor,

das IFE als ein Institut der Max-Planck-Gesellschaft weiterzuführen. Die Arbeit des vom IFE organisierten Internationalen Zentrums für Elektronenmikroskopie sollte in geeigneter Weise fortgeführt werden.

Es wird vorgeschlagen, daß der Bund und die Länder unter Berücksichtigung der Finanzkraft der neuen Länder im Rahmen des Hochschulerneuerungsprogramms Übergangsregelungen vereinbaren, die einen ungestörten Fortgang der Arbeit des Instituts ermöglichen. Die Zahl der Mitarbeiter im IFE sollte sich langfristig an der vergleichbarer Max-Planck-Institute orientieren und bei etwa 100 Planstellen liegen. Das Vorhaben der Fraunhofer-Gesellschaft, eine Arbeitsgruppe des Instituts für Werkstoffmechanik im IFE einzurichten und einen Teil der Mitarbeiter zu übernehmen, wird begrüßt.

Der Wissenschaftsrat bittet die Max-Planck-Gesellschaft und die Fraunhofer-Gesellschaft, die notwendigen organisatorischen Maßnahmen einzuleiten.

Anhang: Verzeichnis der verwendeten Unterlagen

Beantwortung des Fragenkatalogs des Wissenschaftsrates

Vorstellungen des Instituts zur künftigen Arbeit
- Voraussetzungen und Vorhaben -

Liste der Veröffentlichungen 1985 - 1990

Ausgewählte Sonderdrucke 1985 - 1990

Ausgewählte Patentschriften

Stellenplan

"Electron Microscopy in Solid State Physics"
ed. by H. Bethge and J. Heydenreich, Verlag ELVESIER (1987)

