



Der Senat

13. Juli 2016

**Stellungnahme zum  
Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik, Frankfurt (Oder)  
IHP GmbH**

**Inhaltsverzeichnis**

1. Beurteilung und Empfehlungen .....	2
2. Zur Stellungnahme des IHP .....	4
3. Förderempfehlung .....	4

Anlage A: Darstellung

Anlage B: Bewertungsbericht

Anlage C: Stellungnahme der Einrichtung zum Bewertungsbericht

## Vorbemerkung

Die Einrichtungen der Forschung und der wissenschaftlichen Infrastruktur, die sich in der Leibniz-Gemeinschaft zusammengeschlossen haben, werden von Bund und Ländern wegen ihrer überregionalen Bedeutung und eines gesamtstaatlichen wissenschaftspolitischen Interesses gemeinsam gefördert. Turnusmäßig, spätestens alle sieben Jahre, überprüfen Bund und Länder, ob die Voraussetzungen für die gemeinsame Förderung einer Leibniz-Einrichtung noch erfüllt sind.<sup>1</sup>

Die wesentliche Grundlage für die Überprüfung in der Gemeinsamen Wissenschaftskonferenz ist regelmäßig eine unabhängige Evaluierung durch den Senat der Leibniz-Gemeinschaft. Die Stellungnahmen des Senats bereitet der Senatsausschuss Evaluierung vor. Für die Bewertung einer Einrichtung setzt der Ausschuss Bewertungsgruppen mit unabhängigen, fachlich einschlägigen Sachverständigen ein.

Vor diesem Hintergrund besuchte eine Bewertungsgruppe am 27. und 28. Oktober 2015 das IHP in Frankfurt (Oder). Ihr stand eine vom IHP erstellte Evaluierungsunterlage zur Verfügung. Die wesentlichen Aussagen dieser Unterlage sind in der Darstellung (Anlage A dieser Stellungnahme) zusammengefasst. Die Bewertungsgruppe erstellte im Anschluss an den Besuch den Bewertungsbericht (Anlage B). Das IHP nahm dazu Stellung (Anlage C). Der Senat der Leibniz-Gemeinschaft verabschiedete am 13. Juli 2016 auf dieser Grundlage die vorliegende Stellungnahme. Der Senat dankt den Mitgliedern der Bewertungsgruppe und des Senatsausschusses Evaluierung für ihre Arbeit.

## 1. Beurteilung und Empfehlungen

Der Senat schließt sich den Beurteilungen und Empfehlungen der Bewertungsgruppe an.

Seinem **Auftrag** gemäß führt das Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik (IHP) in Frankfurt (Oder) Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Mikroelektronik und der Informationstechnologie durch. Schwerpunktmäßig widmet sich das IHP sehr erfolgreich der Silizium-basierten Höchstfrequenz-Elektronik und verfolgt dabei ein vertikales Konzept, das die Forschung an Materialien, Technologien, Schaltungen und Systemen überzeugend verbindet. Ein wichtiges Ziel der Arbeiten ist es, Technologien bis zur Anwendungsreife zu entwickeln.

Das IHP hat in den vergangenen Jahren eine sehr erfreuliche **Entwicklung** vollzogen und mehrere Wechsel in wissenschaftlichen Leitungspositionen sehr gut bewältigt. Gemäß einer Empfehlung der letzten Evaluierung wurde die Grundlagenforschung verstärkt, so dass das Institut heute durch ein ausgewogenes Verhältnis von grundlagenwissenschaftlich ausgerichteten und anwendungsorientierten Arbeiten überzeugt.

Die **Forschungsergebnisse** des IHP sind sowohl quantitativ als auch qualitativ sehr gut und werden regelmäßig international sichtbar veröffentlicht. Drei der vier Forschungsprogramme werden als „sehr gut“, eines als „exzellent“ bewertet. Von großer Bedeutung ist die Anmeldung von Patenten, die vom IHP systematisch und strategisch zielführend betrieben wird. Mit seiner Expertise und der Fertigungsstruktur in der institutseigenen Pilotlinie bie-

---

<sup>1</sup> Ausführungsvereinbarung zum GWK-Abkommen über die gemeinsame Förderung der Mitgliedseinrichtungen der Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz e. V.

tet das Institut auch für die externe Nutzung, insbesondere aus der Industrie, einen ausgezeichneten **wissenschaftlichen Service** für die Entwicklung von Prototypen bzw. Kleinserien, der in dieser Form deutschlandweit einmalig ist. Mit einer Reihe von erfolgreichen Ausgründungen hat das IHP darüber hinaus in den letzten Jahren einen wertvollen Beitrag für die Region geleistet und sein Engagement im **Wissens- und Technologietransfer** durch die Gründung der IHP Solutions GmbH institutionalisiert.

Die **Ausstattung** mit Mitteln der institutionellen Förderung ist zur Erfüllung der derzeitigen Aufgaben des IHP auskömmlich. Bei der Einwerbung von Drittmitteln war das Institut in den letzten Jahren mit einem Anteil von annähernd 40 % am Gesamtbudget sehr erfolgreich. Die räumliche Ausstattung ist hervorragend, wobei dem großen Reinraum, in dem die Pilotlinie des IHP betrieben wird, eine zentrale Bedeutung zukommt.

Die strategische **Arbeitsplanung** des IHP ist überzeugend. Sie umfasst eine Reihe von Forschungszielen, die von allen Abteilungen getragen werden, und zielt auf eine ausgewogene Mischung von Projekten in etablierten Forschungsbereichen und explorativen Arbeiten ab. Zusätzlich möchte das Institut Kapazitäten für ein neues Forschungsthema, „Total Resilience“, zur Widerstandsfähigkeit von Systemen und Komponenten gegenüber vielfältigen Parameterveränderungen aufbauen. Mit seinem vertikalen Konzept und mit den in allen Abteilungen vorhandenen Anknüpfungspunkten ist das IHP für eine ganzheitliche Behandlung dieser bedeutsamen Thematik prädestiniert. Daher ist es sehr erfreulich, dass das IHP seine diesbezüglichen Planungen seit dem Evaluierungsbesuch weiterverfolgt hat. Der Senat sieht es als inhaltlich sehr gut begründet an, dass das Institut, wie in seiner Stellungnahme zum Bewertungsbericht erläutert, für diesen Zweck inzwischen ein Konzept ausarbeitet, auf dessen Grundlage im Falle eines positiven Beiratsvotums ein Antrag für zusätzliche Mittel der institutionellen Förderung gestellt werden könnte.

Das IHP arbeitet hervorragend und zum gegenseitigen Nutzen mit verschiedenen Hochschulen zusammen. So sind derzeit sieben leitende Wissenschaftler gemeinsam berufen. Seit der letzten Evaluierung wurde zudem empfehlungsgemäß die **Kooperation** im Rahmen von *Joint Labs* im Einklang mit den strategischen Zielen des Instituts ausgeweitet. Innerhalb der Leibniz-Gemeinschaft ist das IHP sehr gut vernetzt und unterhält auch mit anderen außeruniversitären Forschungseinrichtungen intensive und erfolgreiche Kooperationen. Darüber hinaus ist das IHP inzwischen wie empfohlen an zahlreichen EU-Projekten, oft in koordinierender Rolle, beteiligt. Mit dem Ziel, die entwickelten Technologien und Anwendungen zügig in die Praxis zu überführen, ist nicht zuletzt auch die Kooperation mit vielen Industriepartnern integraler Bestandteil der Institutsstrategie.

Ende 2014 waren etwa ein Viertel der Promovierenden **Frauen**, ein für die am IHP vertretenen Fächer im deutschlandweiten Vergleich beachtlich hoher Anteil. Lediglich ein Achtel der wissenschaftlich Beschäftigten ohne Leitungsaufgaben waren Frauen und derzeit ist keine der 22 wissenschaftlichen Leitungspositionen mit einer Frau besetzt. Das IHP muss daher insbesondere seine Anstrengungen intensivieren, auf der Führungsebene einen angemessenen Frauenanteil zu erreichen.

Das IHP engagiert sich sehr in der **Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses**. Promovierende werden sehr gut betreut; promovierte Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftler in der Qualifizierungsphase sollten über die bestehende

Förderung hinaus regelmäßig ein individuelles Feedback zu ihren Beschäftigungsperspektiven erhalten.

Die Maßnahmen und Prozesse zur Sicherung der Qualität der wissenschaftlichen Arbeit am IHP sind hervorragend. Die Mittelvergabe ist transparent und orientiert sich an den übergreifenden strategischen Zielen des Instituts. Der Wissenschaftliche Beirat bringt sich erfolgreich in das **Qualitätsmanagement** des Instituts ein. Der Aufsichtsrat nimmt seine Aufgaben sehr gut und engagiert wahr.

Das IHP betreibt sehr erfolgreich Forschungs- und Entwicklungsarbeit auf dem Gebiet der Mikroelektronik, der Höchstfrequenztechnik mit einer hohen Relevanz zum Beispiel für medizinische Anwendungen und der Informationstechnologie. Mit seinem vertikalen Konzept, das Forschung und Entwicklung über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg verbindet, übernimmt das IHP Aufgaben, die in dieser Form nicht an einer Hochschule erfüllt werden können. Eine Eingliederung des IHP in eine Hochschule wird daher nicht empfohlen. Das IHP erfüllt die Anforderungen, die an eine Einrichtung von überregionaler Bedeutung und gesamtstaatlichem wissenschaftspolitischen Interesse zu stellen sind.

## 2. Zur Stellungnahme des IHP

Der Senat begrüßt, dass das IHP beabsichtigt, die Empfehlungen und Hinweise aus dem Bewertungsbericht bei seiner weiteren Arbeit zu berücksichtigen.

## 3. Förderempfehlung

Der Senat der Leibniz-Gemeinschaft empfiehlt Bund und Ländern, das IHP als Einrichtung der Forschung und der wissenschaftlichen Infrastruktur auf der Grundlage der Ausführungsvereinbarung WGL weiter zu fördern.

## Anlage A: Darstellung

### Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik, Frankfurt (Oder) (IHP)

#### Inhaltsverzeichnis

1. Struktur, Auftrag und Umfeld .....	A-2
2. Gesamtkonzept und Profil .....	A-4
3. Teilbereiche des IHP .....	A-8
4. Kooperation und Vernetzung .....	A-16
5. Personal- und Nachwuchsförderung .....	A-18
6. Qualitätssicherung .....	A-21
Anhang:	
Anhang 1: Organigramm.....	A-24
Anhang 2: Publikationen .....	A-25
Anhang 3: Erträge und Aufwendungen .....	A-26
Anhang 4: Personalübersicht .....	A-27

## 1. Struktur, Auftrag und Umfeld

### Entwicklung und Förderung

Das Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik (IHP) wurde 1983 als Institut der Akademie der Wissenschaften der DDR gegründet. Im Jahr 1992 erfolgte eine Neugründung als GmbH. Seitdem wird das Institut von Bund und Ländern gemeinsam gefördert. Zuletzt wurde es 2007/2008 vom Senat der Leibniz-Gemeinschaft evaluiert. Auf Grundlage der Senatsstellungnahme sowie einer gemeinsamen Stellungnahme des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Brandenburg und des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) stellten Bund und Länder im September 2008 fest, dass das IHP die Voraussetzungen für die gemeinsame Förderung weiterhin erfüllt.

Zuständiges Fachressort des Sitzlandes: Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Brandenburg

Zuständiges Fachressort des Bundes: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

### Auftrag

Laut Gesellschaftsvertrag besteht der Auftrag des IHP in der Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Mikroelektronik und der Informationstechnologie, insbesondere zur Förderung der Innovation bei Hochtechnologien. Das IHP soll zur Stärkung des Zusammenwirkens von wissenschaftlicher Grundlagenarbeit, Technologie und Anwendung beitragen und eng mit wissenschaftlichen Einrichtungen sowie mit Wirtschaftsunternehmen zusammenarbeiten. Mit der Neugründung wurde die Forschung auf die Integration von Silizium-Germanium in Silizium-Technologien fokussiert.

Zur Sicherung einer für die Industrie relevanten Forschungsinfrastruktur wurde ein neues Institutsgebäude mit einem 1000 m<sup>2</sup> großen Reinraum der Klasse 1 erbaut und 1999 in Betrieb genommen. In diesem Reinraum wird die Pilotlinie des Institutes betrieben.

### Rechtsform, Struktur und Organisation

Das IHP ist eine GmbH. Alleingesellschafter ist das Land Brandenburg. Die Organe der Gesellschaft sind die Gesellschafterversammlung, der Aufsichtsrat, die Geschäftsführung und der Wissenschaftlich-Technische Rat.

Die Gesellschafterversammlung beschließt über den Jahresabschluss, entlastet die Geschäftsführung und die Mitglieder des Aufsichtsrats und wählt die Abschlussprüfer bzw. Abschlussprüferinnen sowie vier der Mitglieder des Aufsichtsrats.

Der Aufsichtsrat besteht aus zwei Entsendeten des Landes Brandenburg, darunter der oder die Vorsitzende, zwei Entsendeten des Bundes, darunter der oder die stellvertretende Vorsitzende, bis zu vier durch die Gesellschafterversammlung gewählten Mitgliedern sowie bis zu zwei Mitgliedern der Gesellschaft, die durch die Belegschaft gewählt werden. Er überwacht die Rechtmäßigkeit, Zweckmäßigkeit und Wirtschaftlichkeit der Geschäftsführung, beruft die Geschäftsführung, beschließt die Wirtschaftspläne sowie

die strategischen und mittelfristigen Forschungs- und Entwicklungsprogramme und beruft die Mitglieder des Wissenschaftlich-Technischen Rats und des Wissenschaftlichen Beirats.

Die Geschäftsführung besteht aus einem oder mehreren Geschäftsführern bzw. Geschäftsführerinnen, derzeit ein Wissenschaftlich-Technischer und ein Administrativer Geschäftsführer, die für höchstens fünf Jahre bestellt werden; Wiederbestellung ist zulässig. Sie ist für die Führung der laufenden Geschäfte verantwortlich und vertritt die Gesellschaft gerichtlich und außergerichtlich.

Der Wissenschaftlich-Technische Rat besteht aus bis zu zehn Mitgliedern; jeweils fünf Mitglieder werden vom Aufsichtsrat bestellt bzw. von der Belegschaft gewählt. Seine Aufgabe ist die Beratung der Geschäftsführung zu strategischen und mittelfristigen Forschungs- und Entwicklungsprogrammen, zu Grundsatzfragen der Organisation der wissenschaftlichen Arbeit, zu Kooperationen, zu Ausbau- oder Erweiterungsmaßnahmen, zur Patent- und Schutzrechtsstrategie sowie zur Bewertung der wissenschaftlichen Arbeitsergebnisse.

Daneben gibt es zur Beratung der Gesellschaft in wissenschaftlichen und technischen Fragen sowie in Fragen der Kooperation mit anderen wissenschaftlichen Einrichtungen und der Wirtschaft einen Wissenschaftlichen Beirat. Er besteht aus fünf bis zehn Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, die vom Aufsichtsrat für vier Jahre berufen werden; einmalige Wiederberufung ist zulässig.

Die Forschungsarbeit des IHP wird in den vier Abteilungen „System Design“, „Circuit Design“, „Technology“ und „Materials Research“ durchgeführt. Ihnen sind die vier Forschungsprogramme „Drahtlose Systeme und Anwendungen“, „Hochfrequenz-Schaltkreise“, „Technologieplattform für drahtlose und Breitbandkommunikation“ und „Materialien für die Mikro- und Nanoelektronik“ zugeordnet. Die Pilotlinie des Institutes wird durch die Abteilung „Technology“ betrieben. Für ausgewählte Forschungsthemen gibt es derzeit insgesamt acht Joint Labs mit Hochschulen im In- und Ausland, in denen das IHP gemeinsam mit diesen Partnern arbeitet.

### **Nationales und internationales Umfeld**

Nach eigener Aussage zeichnet sich das IHP gegenüber anderen Forschungseinrichtungen, auch international, durch die Verbindung von Grundlagen- und angewandter Forschung für die Entwicklung von Systemen, Schaltungen, Technologien und Materialien für die drahtlose und Breitbandkommunikation und die Fertigung von Prototypen aus.

In Deutschland nennt das IHP das Fraunhofer-Institut für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme (IMS) in Duisburg, das Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik (FBH) in Berlin und das Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik (IAF) in Freiburg als Forschungseinrichtungen mit ähnlichen Zielstellungen. Diese Institute fokussieren sich nach Angaben des IHP allerdings auf andere Halbleitermaterialien bzw. Technologien.

International sind das *Interuniversity Microelectronics Centre* (IMEC) in Leuven (Belgien), das *Laboratoire d'électronique des technologies de l'information* (LETI) in Grenoble

(Frankreich) und das *Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique* (CSEM) in der Schweiz vergleichbar, wenn auch deutlich größer als das IHP. Laut eigener Aussage unterscheidet sich das IHP von diesen Einrichtungen durch eine stärkere strategische Fokussierung und den vertikalen Ansatz mit Forschung von der Material- bis zur Systemebene.

### **Gesamtstaatliches Interesse und Gründe für die außeruniversitäre Förderung**

Das IHP forscht zu Themen, die nach Einschätzung des Instituts nicht nur für die neue Hightech-Strategie der Bundesregierung, sondern weltweit von großer Bedeutung sind. So leistet es beispielsweise Beiträge zur Sicherheit des drahtlosen Datenaustauschs und zum Schutz kritischer Infrastrukturen, zur Entwicklung von Medizintechnik und Telemedizin und zu innovativen Mobilitätskonzepten. Mit der angebotenen Technologieplattform zur Entwicklung und schnellen, flexiblen Fertigung von Prototypen und Kleinstserien bietet das IHP eine Service-Infrastruktur, die nach Aussage des Instituts national und international genutzt wird und einen wesentlichen Einfluss auf die Hochfrequenz- und Terahertz-Forschung in Deutschland und Europa hat.

Mit seiner Zielstellung, grundlegende Forschungsergebnisse in der Hochtechnologie bis auf das Niveau von industriell relevanten Prototypen zu entwickeln, den dadurch bedingten technologischen Forschungsabläufen sowie der starken internen und externen Verflechtung der Arbeiten unterscheidet sich das IHP nach eigener Einschätzung wesentlich von universitären Einrichtungen. Auch der Betrieb einer eigenen Pilotlinie und eines Reinraums sind für Hochschulen unüblich, so das IHP. Die Aufgaben des Instituts erfordern eine langfristige, interdisziplinäre und kontinuierliche Bearbeitung, umfangreiche Investitionen sowie eine besondere Personalstruktur.

## **2. Gesamtkonzept und Profil**

### **Profil und Entwicklung der Einrichtung seit der letzten Evaluierung**

Das IHP erforscht und entwickelt silizium-basierte Systeme, Höchstfrequenzschaltungen und -technologien. Diese grundsätzliche Ausrichtung wurde seit der letzten Evaluierung beibehalten. Ein wichtiges Merkmal besteht dabei in der Verbindung von Grundlagenforschung mit angewandter Forschung: Das Institut realisiert prototypische Lösungen für die drahtlose und Breitbandkommunikation, Sicherheit, Medizintechnik, Raumfahrt, Mobilität und Industrieautomatisierung. Dazu spielt die Pilotlinie des IHP mit den eigenen SiGe:C-BiCMOS-Technologien (Silizium-Germanium-Kohlenstoff-basierte Kombination von Bipolartransistoren mit Feldeffekttransistoren) eine zentrale Rolle. Erarbeitete Technologien werden schnell auf ein solches Niveau gebracht, dass sie als forschungs-basierte Services angeboten werden können.

Ein weiteres wesentliches Merkmal, das ebenfalls seit der vergangenen Evaluierung beibehalten wurde, ist laut IHP das „vertikale Forschungskonzept“. Damit ist gemeint, dass durch die Abstimmung der Arbeiten zu Systemdesign, Schaltkreisdesign, Prozesstechnologie und Materialforschung Synergieeffekte erreicht werden, die zu vertikal optimier-

ten Lösungen führen. Externe Kooperationen und die Verwertung von Arbeitsergebnissen erfolgen auf allen Ebenen – vom Material bis zu Systemen.

Die inhaltlichen Schwerpunkte der Forschungsprogramme (FP) wurden weiterentwickelt, wie im Detail im folgenden Kapitel 3 ausgeführt ist. Dies führte unter anderem dazu, dass neben den schon bei der letzten Evaluierung bestehenden FP „Drahtlose Systeme und Anwendungen“, „Technologieplattform für die drahtlose und Breitbandkommunikation“ und „Materialien für die Mikro- und Nanoelektronik“ ein neues, viertes FP „Hochfrequenz-Schaltkreise“ eingerichtet wurde.

Laut IHP wurde in den vergangenen Jahren die Grundlagenforschung in DFG-Projekten ebenso wie die Kooperation in *Joint Labs* und über gemeinsame Berufungen mit Hochschulen deutlich ausgeweitet. Die Frequenzen bei silizium-germanium-basierten Bauelementen und Hochfrequenzschaltungen haben den Terahertz-Bereich erreicht. Aufgrund dieser verbesserten Performance ist nach Angaben des Instituts die Nachfrage nach der Nutzung dieser Technologien weiter gestiegen. Neue Themen wie Silizium-Photonik, Graphen und heterogene Technologiekonzepte haben jetzt eine wesentliche Bedeutung für die Forschung am Institut. Als zusätzliche Themen wurden Sicherheit, Biosensorik und Spektroskopie ins Portfolio aufgenommen. Die Materialforschung wurde stark auf neue Bauelemente-Konzepte ausgerichtet.

## **Arbeitsergebnisse**

### *Forschung*

Die meisten Forschungsprojekte des IHP werden nach Angaben des Instituts in enger Kooperation zwischen den vier FP sowie gemeinsam mit externen Partnern durchgeführt. Sie fokussieren sich auf die Themenbereiche Kommunikation, Sicherheit, Gesundheit und Raumfahrt bzw. die dafür erforderlichen Schlüsseltechnologien.

Zu den wichtigsten Ergebnissen der vergangenen Jahre zählen u. a. die Realisierung hochratiger drahtloser Datenübertragung mit Abstandsmessung und Beamforming, die Entwicklung eines frequenzmodulierten Dauerstrich-Radars bei 122 Gigahertz mit integrierten Antennen, die Entwicklung einer Plattform für sichere drahtlose Sensornetze sowie die erfolgreiche Fertigung und Charakterisierung von Silizium-Germanium-Sende- und Empfangsbausteinen im Terahertz-Bereich für medizintechnische Lösungen. Es wurde die Zuverlässigkeit strahlungsfester Schaltungen für Raumfahrtanwendungen untersucht und extrem schnelle Silizium-Germanium-Heterobipolartransistoren (HBT) entwickelt und in BiCMOS-Technologien integriert. Als weitere herausragende Ergebnisse nennt das IHP Arbeiten im Bereich der Silizium-Photonik sowie Arbeiten an Graphen für eine Multi-Terahertz-Elektronik.

Die Veröffentlichungsform unterscheidet sich für die einzelnen FP: Bei der Materialforschung dominieren Artikel in referierten Zeitschriften; bei Technologie und Schaltungsdesign ist der Anteil von Beiträgen auf internationalen Konferenzen höher; bei der Systemforschung überwiegen letztere. Generell strebt das IHP einen möglichst hohen Anteil von referierten Beiträgen an. Außerdem wird grundsätzlich darauf geachtet, dass geeignete Ergebnisse vor ihrer Veröffentlichung patentiert werden.

Im Zeitraum von 2012 bis 2014 wurden insgesamt 259 Artikel in Fachzeitschriften mit Begutachtungssystem veröffentlicht, 398 begutachtete Konferenzbeiträge, 127 Beiträge in Sammelwerken, fünf Monographien sowie neun Artikel in weiteren Zeitschriften. Hinzu kamen zehn Herausgeberschaften von Sammelwerken. Im selben Zeitraum erfolgten durch das IHP insgesamt 44 Erstanmeldungen von Patenten sowie 17 internationale Nachanmeldungen. (Vgl. auch Anhang 2.)

#### *Wissenschaftliche Dienstleistungen und Beratung*

Das IHP stellt seine schnellen BiCMOS-Technologien Partnern aus Universitäten, Forschungseinrichtungen und der Industrie zur Verfügung. In der Pilotlinie mit eigenem Fertigungsservice für Spezialschaltkreise können gemeinsam mit Expertinnen und Experten des Instituts konkrete Lösungen erarbeitet und in geringen Mengen kundenspezifische Schaltkreise bis hin zu Kleinstserien gefertigt werden. Derzeit werden pro Jahr vier Abläufe in 0,25- $\mu\text{m}$ - und drei Abläufe in 0,13- $\mu\text{m}$ -Technologien sowie zusätzliche Engineering Runs gestartet. Zu den aktiven Nutzern dieses Multi-Projekt-Wafer- und Prototyping-Services zählen etwa 70 Partner weltweit. Darüber hinaus bietet das Institut Leistungen in Messtechnik und Analytik sowie Teilschritte der Prozessierung von Silizium-Wafern an. Die Serviceleistungen erbrachten im Jahr 2014 Erträge von ca. € 4 Mio.

Beschäftigte des IHP wurden in der Vorbereitung und Umsetzung von Forschungsprogrammen wie Horizon 2020 oder der Hightech-Strategie der Bundesregierung in Fachdiskussionen einbezogen und beraten beispielsweise die Deutsche Industrie- und Handelskammer. Sie fungieren als Sachverständige zu Teilprogrammen von Horizon 2020 sowie in deutschen und europäischen Wissenschaftsorganisationen und beteiligen sich regelmäßig in Wissenschaftlichen Beiräten und anderen Beratungsgremien. Auch Abgeordnete von Parlamenten (u. a. EU-Parlament und Deutscher Bundestag) nutzen die Möglichkeit, Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des IHP zu konsultieren.

#### *Wissens- und Technologietransfer*

Das IHP misst der externen Verwertung von Wissen und Technologien eine wesentliche Bedeutung bei. Es nimmt aktiv an der Initiative „Sektorale Verwertung“ des BMBF teil und erarbeitete 2011 bis 2014 ein institutsspezifisches Verwertungskonzept. Das Asset-Management soll weiter professionalisiert werden, und es werden neue Verwertungswege sowie die Schaffung von forschungsnahen Transferstrukturen angestrebt.

Jährlich werden ca. 20 Erfindungsmeldungen eingereicht, die zu zehn bis 15 Patentanmeldungen führen (vgl. auch Abschnitt zu Forschung sowie Anhang 2). Die Auswahl der anzumeldenden Patente erfolgt mit Hilfe des institutseigenen Patentteams sowie unabhängiger externer Unterstützung. Das Patentportfolio dient der Sicherung des IHP-Knowhows und der Services und ist auch bei der Akquisition von Projekten und beim Transfer von Technologien wichtig.

Zwei bereits vor mehreren Jahren erfolgte Ausgründungen des IHP sind nach Angaben des Instituts erfolgreich am Markt tätig. Auch in den vergangenen Jahren gab es erhebliche Aktivitäten zur Förderung von Ausgründungen. Es wurden Ausgründungs- und Verwertungsworkshops durchgeführt, laufende Forschungsprojekte auf ihre Eignung

geprüft und einige konkrete Ausgründungskonzepte vorbereitet. Am 20. August 2015 wurde die Transfer- und Verwertungsgesellschaft „IHP Solutions GmbH“ gegründet, ein hundertprozentiges Tochterunternehmen des Instituts.

In den letzten Jahren wurde mit industriellen Partnern an der Überführung der HBT-Technologie gearbeitet; dazu wurden Machbarkeitsstudien durchgeführt. Auch zur Überführung einer vollständigen SiGe-BiCMOS-Technologie laufen gemeinsame Studien mit verschiedenen Firmen.

Auch gemeinsame Forschungsprojekte mit Industriepartnern dienen dem Transfer. Zahlreiche dieser Projekte werden vom BMBF gefördert, z. B. TANDEM, DIAMANT, ESCI und Sens4U, die sich mit Sensornetzen und deren Anwendungen befassen. In einigen Fällen werden Forschungsprojekte im Industrieauftrag durchgeführt, beispielsweise zur Entwicklung einer Remote-Terminal-Unit, um existierende Hardware mit der Plattform eines Satelliten verbinden zu können. Eine langjährige Kooperation mit einem Industriepartner besteht zur Entwicklung künftiger Silizium-Wafer und virtueller Galliumnitrid-Substrate auf Silizium-Wafern.

### **Wissenschaftliche Veranstaltungen und Öffentlichkeitsarbeit**

In den vergangenen Jahren hat das IHP regelmäßig wissenschaftliche Veranstaltungen am Institut organisiert. Neben Projekttreffen waren dies vor allem zahlreiche verschiedene Workshops mit meist internationaler Beteiligung. Gemeinsam mit der IHK Ostbrandenburg wird am IHP der jährliche Brandenburger Sensornetztag zum Ausbau der Kooperation mit regionalen Firmen durchgeführt. Auch an der Organisation von Konferenzen und Symposien außerhalb des IHP sind die Beschäftigten des Instituts regelmäßig beteiligt.

Das IHP nutzt verschiedene Medien (u. a. Pressemitteilungen, den Jahresbericht, Flyer zu konkreten Projekten und Leistungsangeboten sowie soziale Medien), um die Öffentlichkeit und potenzielle Nutzerinnen und Nutzer zu informieren. Jedes Jahr präsentiert das IHP auf zahlreichen wissenschaftlichen Konferenzen und Messen seine Ergebnisse und Leistungsangebote mit eigenen Ständen. Jährlich finden ein Tag der offenen Tür mit bis zu 400 Besucherinnen und Besuchern sowie ein Zukunftstag für Mädchen und Jungen statt.

### **Strategische Arbeitsplanung für die nächsten Jahre**

Das vertikale Forschungskonzept – von der Grundlagenforschung bis zur Fertigung von Prototypen und Kleinstserien mit Konzentration auf in Silizium integrierte Lösungen höchster Performance – soll auch in Zukunft die Arbeit des IHP bestimmen. Dieser Ansatz ermöglicht laut Institut bei einer fokussierten Strategie eine breite Forschungskoperation auf den verschiedenen Ebenen von der Materialforschung bis zum Systemdesign.

Die strategischen Ziele sind die Entwicklung von WLAN mit Datenraten bis über 100 Gigabit pro Sekunde und zusätzlichen Funktionen, sichere, zuverlässige und energieautarke drahtlose Sensornetze, Anwendungen von Terahertz-Lab-on-Chip, Schaltungen für Weltraumanwendungen sowie in Silizium integrierte photonische Terabit-pro-Sekunde-

Systeme. Technologisch werden dafür SiGe-HBTs bis zu den technisch erreichbaren Frequenzen weiterentwickelt und die Möglichkeiten von Graphen für industriell relevante Anwendungen bei Elektronik und auch für die Integration in die Silizium-Photonik unter Nutzung ihrer elektrooptischen Eigenschaften erforscht. Durch die Verwendung von Elektronenstrahlolithographie soll die Forschung an skalierten Technologiemodulen ermöglicht werden. Ein weiteres Ziel ist die Integration der institutseigenen Technologien mit Technologien Dritter, u. a. in Kooperation mit externen Partnern.

Als zusätzliches Forschungsthema möchte das IHP „Total Resilience“ aufbauen. Ziel ist es, so Systeme und Komponenten mit höchster Widerstandsfähigkeit gegenüber ungewollten, gewollten und aufgezwungenen Parameterveränderungen zu entwickeln, indem Abhängigkeiten unterschiedlicher Parameter auf verschiedenen Ebenen holistisch erfasst und untersucht werden. Daher soll das Forschungsthema in vertikaler Form als Ergänzung zu den existierenden vier FP angelegt werden.

### **Angemessenheit der Ausstattung**

Im Jahr 2014 betrug die institutionelle Förderung des IHP ca. € 23,2 Mio. (61 %). Dazu kamen Erträge aus Projektfinanzierungen in Höhe von ca. € 10,1 Mio. (27 %) sowie aus Leistungen in Höhe von ca. € 4,5 Mio. (12 %). Größte Drittmittelgeber waren Bund und Länder (€ 5,2 Mio.), die EU (€ 2,8 Mio.) sowie Unternehmen (€ 1,5 Mio.). (Vgl. auch Anhang 3.)

Die räumliche Ausstattung wird vom IHP als hervorragend bezeichnet, ebenso die technische Ausstattung. Die Investitionsmittel werden derzeit bis 2016 im Rahmen eines Sondertatbestands ausgebaut und anschließend auf einem Niveau verstetigt, das in Zukunft Investitionen im notwendigen Umfang ermöglicht. Die Personalausstattung bezeichnet das Institut als akzeptabel.

Für die Umsetzung des geplanten neuen Forschungsthemas „Total Resilience“ schätzt das IHP einen zusätzlichen Bedarf von ca. 25 bis 30 wissenschaftlichen Stellen ab 2017; der zusätzliche Gesamtaufwand wird auf ca. € 3 Mio. pro Jahr taxiert. Derzeit werden verschiedene Finanzierungsmöglichkeiten geprüft.

### **3. Teilbereiche des IHP**

Forschungsprogramm „Drahtlose Systeme und Anwendungen“ (47,8 Vollzeitäquivalente [VZÄ], davon 27,0 VZÄ in Forschung und wiss. Dienstleistungen, 11,8 VZÄ Promovierende, 9,0 VZÄ im Servicebereich)

Dieses Forschungsprogramm (FP) wird von der Abteilung „System Design“ durchgeführt. Ihm sind drei Arbeitsgruppen (AG) zugeordnet: „Wireless Broadband Communications“, „Sensornetworks and Middleware Platforms“ sowie „Design and Test Methodology“. Jede dieser drei Gruppen ist mit einem *Joint Lab* – an der Humboldt-Universität Berlin, der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg bzw. der Universität Potsdam – assoziiert.

Die Arbeit zielt auf die Erforschung und Entwicklung von Lösungen für drahtlose High-End-Systeme ab. Nach Angaben des IHP hat sich in diesem FP der Anteil der Grundlagenforschung deutlich vergrößert.

Im Zeitraum von 2012 bis 2014 wurden durch Beschäftigte dieses FP insgesamt 23 Artikel in Fachzeitschriften mit Begutachtungssystem veröffentlicht, 137 begutachtete Konferenzbeiträge, 34 Beiträge in Sammelwerken, vier Monographien sowie vier Artikel in weiteren Zeitschriften. Hinzu kam eine Herausgeberschaft eines Sammelwerks. Im selben Zeitraum erfolgten 17 Erstanmeldungen von Patenten sowie sechs internationale Nachanmeldungen; 34 Patente wurden gewährt.

Der Funktionstest von Schaltkreisen wird als wissenschaftliche Dienstleistung regelmäßig von Firmen genutzt. In den vergangenen Jahren wurden drei große Projekte zur produktnahen Kooperation mit mittelständischen Unternehmen realisiert.

Für die nächsten Jahre ist eine Weiterentwicklung in Bezug auf hybride drahtlose und optische Kommunikationssysteme vorgesehen. Das Thema der analogen Basisband-Signalverarbeitung soll verstärkt aufgebaut werden. Auch die Forschungsarbeiten zu latenzarmen, zuverlässigen und sicheren drahtlosen Systemen sollen ausgeweitet werden.

#### *Arbeitsgruppe „Wireless Broadband Communications“*

Die drahtlose Breitbandkommunikation wurde auf eine hohe Datenrate bis über 100 Gigabit pro Sekunde und zusätzliche Abstandsbestimmung mit sehr hoher Auflösung fokussiert. Außerdem wurde das Thema „Ranging“ aufgegriffen. Drahtlose Automatisierungstechnik hat stark an Bedeutung gewonnen und ist nun ein Schwerpunkt am IHP. Reduziert wurden hingegen die Aktivitäten zur „Car2Car“-Kommunikation.

In den vergangenen Jahren wurde unter anderem ein Prozessor entwickelt, der mit einfachen 6-dBi-Antennen Datenraten von bis zu 5,1 Gigabit pro Sekunde über eine Entfernung von bis zu 20 Metern übertragen kann. Durch eine Erweiterung konnte eine Genauigkeit bei der Abstandsmessung von einem Zentimeter erreicht werden. Weiterhin konnte erfolgreich ein 60-GHz-Beamforming-Chip getestet werden, der eine deutlich verbesserte Antennenabstrahlung ermöglicht.

Es ist geplant, die Forschung im Bereich optische Kommunikation auszuweiten. Als mögliches neues Forschungsgebiet wurde die Radar-Technologie identifiziert.

#### *Arbeitsgruppe „Sensornetworks and Middleware Platforms“*

Der Schwerpunkt liegt auf Sicherheit und Zuverlässigkeit der Datenübertragung und der Sensorknoten sowie zusätzlichen konkreten Anwendungen, die auch in Feldversuchen erprobt werden. Weitere wichtige Arbeiten werden zu Umweltmonitoring, Telemedizin bzw. -rehabilitation und Steuerungsanwendungen durchgeführt.

In den vergangenen Jahren wurden Fortschritte bei der manipulationssicheren Implementierung von Verschlüsselungsverfahren erzielt. Für Schlaganfallpatienten wurde ein Sensorknoten entwickelt, der verschiedene Aktivitäten erkennen kann; dieser ist für den Einsatz an Patienten im Krankenhaus zertifiziert. Zu den weiteren Ergebnissen zählt die

Entwicklung einer Werkzeugkette für den Entwurf von Sensornetzen zum Umweltmonitoring.

Es ist geplant, die Arbeiten zu manipulationssicherer Hardware zu vertiefen. Arbeiten im Bereich der Telemedizin sollen auf weitere Krankheitsbilder wie Asthma oder Parkinson ausgeweitet werden; auch sollen Ansätze zur Prothesensteuerung untersucht werden. Durch den Aufbau eines neuen Prototypen-Labors sollen Methoden der Heterointegration und des sogenannten Stackings unterstützt werden.

#### *Arbeitsgruppe „Design and Test Methodology“*

Diese AG wurde nach der letzten Evaluierung neu aufgebaut. Die Forschungsarbeit umfasst Designmethoden zur Reduzierung des Eigenrauschens und zur Erzielung einer hohen Zuverlässigkeit der Schaltungen, beispielsweise unter hoher Strahlenbelastung, sowie die Entwicklung zuverlässiger nichtflüchtiger Speicher. Ein weiterer wichtiger Beitrag dieser AG besteht in der Durchführung von Chip-Tests für interne und externe Nutzerinnen und Nutzer; dazu werden zwei Testerinfrastrukturen betrieben.

In den vergangenen Jahren wurden Verfahren für rauscharme digitale Schaltungen erarbeitet. Durch Messungen mit einem Testchip konnte gezeigt werden, dass eine Rauschreduzierung um 12 Dezibel erreicht wurde. Für die sogenannte GALS (*Global Asynchron Local Synchron*)-Methodik konnte nachgewiesen werden, dass 27 Dezibel Rauschunterdrückung möglich sind. Zur Prüfung asynchroner Systeme wurde ein umfassendes Test-Prozessor-Konzept entwickelt. Zu den weiteren Ergebnisse zählen die Entwicklung und Fertigung eines seriellen Interconnect-Chips mit sehr hohen Übertragungsgeschwindigkeiten für Raumfahrtanwendungen, die Entwicklung eines Konzepts für fehlertolerante Multiprozessoren zur Erhöhung der Lebensdauer sowie die Entwicklung eines Schutzschalters für Chips in Umgebungen mit großer Strahlungsbelastung.

Für die Zukunft ist angestrebt, die IHP-Technologie für Raumfahrtanwendungen anhand der von der Europäischen Raumfahrtbehörde (ESA) definierten Standards zu evaluieren. Ebenfalls im Fokus werden Maßnahmen zur Erhöhung der Fehlertoleranz auf allen Ebenen – von der Schaltung bis zur Prozessor- und Systemebene – sowie Designtechniken für serielle Hochgeschwindigkeits-Schnittstellen stehen.

Forschungsprogramm „Hochfrequenz-Schaltkreise“ (23,0 Vollzeitäquivalente [VZÄ], davon 8,0 VZÄ in Forschung und wiss. Dienstleistungen, 12,0 VZÄ Promovierende, 3,0 VZÄ im Servicebereich)

Dieses Forschungsprogramm (FP) wird von der Abteilung „Circuit Design“ durchgeführt. Es hat in den vergangenen Jahren an Bedeutung gewonnen. Daher wurden die Aktivitäten zur Erforschung und Entwicklung leistungsfähiger und komplexer Hochfrequenz-Plattformen in Silizium-Germanium-Technologie in drei Arbeitsgruppen (AG) untergliedert: „Millimeter-Wave Wireless“, „Broadband/Mixed-Signal“ sowie „Ultra-Low Power“.

Der frühere Leiter der Abteilung „Circuit Design“ folgte im Februar 2012 einem Ruf an die Universität Paderborn. Die Leitung der Abteilung erfolgte bis Ende 2014 kommissarisch; im Januar 2015 trat der neue Abteilungsleiter seinen Dienst an. Die Leitung der AG „Broadband/Mixed-Signal“ wurde im Februar 2015 nach dem Wechsel des vorherigen Stelleninhabers zur Industrie neu besetzt.

Forschungsschwerpunkte sind silizium-basierte, integrierte Hochfrequenz- und Hochgeschwindigkeitsschaltungen und Mikrosysteme mit niedriger Leistungsaufnahme für die Kommunikation und Sensorik sowie Sicherheits- und biomedizinische Anwendungen.

Im Zeitraum von 2012 bis 2014 wurden durch Beschäftigte dieses FP insgesamt 29 Artikel in Fachzeitschriften mit Begutachtungssystem veröffentlicht, 74 begutachtete Konferenzbeiträge und elf Beiträge in Sammelwerken. Im selben Zeitraum erfolgten fünf Erstanmeldungen von Patenten sowie eine internationale Nachanmeldung; elf Patente wurden gewährt.

Zu den angebotenen Serviceleistungen gehörten Messungen bei sehr hohen Frequenzen für Dritte. Auch wurden verschiedene Demonstratoren und Studien zur Technologieevaluation angefertigt.

Das Ziel für die kommenden Jahre ist die erfolgreiche Demonstration leistungsfähiger Schaltungen im Terahertz-Bereich. Darüber hinaus soll in diesem FP dem Trend zur immer system- und anwendungsorientierteren Schaltungsentwicklung Rechnung getragen werden.

#### *Arbeitsgruppe „Millimeter-Wave Wireless“*

Die Arbeiten haben ihren Schwerpunkt jetzt bei sehr hohen Frequenzen und zielen neben den bisherigen Schwerpunkten auf drahtloser Datenübertragung und Radar zusätzlich auf Spektroskopie und Biosensorik bei Frequenzen bis in den Terahertz-Bereich. Die Forschung zu rauscharmen Frequenz-Synthesizern für Raumfahrt- und Kommunikationsanwendungen wurde ausgebaut.

In den vergangenen Jahren wurde unter anderem ein Front-End für einen sogenannten 60-GHz-8-Port-Beamforming-Transceiver in Form einer Zwei-Chip-Lösung entwickelt. Unter Einsatz selbstentwickelter On-Chip-Antennen wurde ein frequenzmoduliertes Dauerstrich-Radar bei 122 Gigahertz realisiert. Weitere Ergebnisse umfassen eine neue Design-Methode, mit der Antenneneffizienz und mechanische Stabilität in Einklang gebracht werden können, die Demonstration kompletter Sender- und Empfängerschaltungen bei 245 und 500 Gigahertz sowie Fortschritte bei Biosensorik-Anwendungen.

Es ist geplant, Sende- und Empfangsschaltungen bis 720 Gigahertz sowie Konzepte bzw. Bausteine für zukünftige Front-Ends bis zu 1 Terahertz zu entwickeln. Es sollen weiterführende Ansätze zur Heterointegration von Indiumphosphid- und Silizium-Germanium-BiCMOS-Prozessen untersucht werden. Im Bereich der Biosensorik bzw. Medizintechnik wird die Realisierung eines integrierten Terahertz-Lab-on-Chip angestrebt, mit dem die Untersuchung von Gewebeproben und das Monitoring von Patienten durchgeführt werden kann.

#### *Arbeitsgruppe „Broadband/Mixed-Signal“*

In dieser Gruppe wurden bisher vorwiegend schnelle A/D- und D/A-Umwandler im Gigahertz-Bereich entwickelt. Vor einigen Jahren wurde mit der Arbeit an photonischen Schaltungen begonnen; Ziel ist die Entwicklung monolithisch integrierter photonischer Empfänger.

In den vergangenen Jahren konnte unter anderem ein komplexer Umwandler für Raumfahrtanwendungen realisiert werden. Zu einer wichtigen Entwicklung für optoelektronische Systeme zählt ein Transimpedanz-Verstärker bis 56 Gigabit pro Sekunde.

Die Arbeiten zur Integration von photonischen, optoelektrischen und elektronischen Komponenten auf einem Chip werden weiter an Bedeutung gewinnen. Die Aktivitäten zur Entwicklung von Transceivern für extrem hochratige drahtlose Datenübertragungen sollen fortgeführt werden; Ziel ist die Entwicklung von Kommunikations-Front-Ends für Datenraten bis 100 Gigabit pro Sekunde.

#### *Arbeitsgruppe „Ultra-Low Power“*

Diese Gruppe konzentriert sich auf leistungsverbrauchsarme Hochfrequenzschaltungen. Ein Schwerpunkt war die Entwicklung von sogenannten Impulse-Radio-UWB-Transceivern. Wake-Up-Receiver für energieeffiziente Funkssysteme haben an Bedeutung gewonnen.

In den vergangenen Jahren konnten zwei verschiedene Chiplösungen für UWB-Transceiver implementiert werden. Zudem gelang unter anderem die Realisierung von 2,4-GHz-Wake-Up-Empfängern für Anwendungen in drahtlosen Sensornetzwerken.

Zukünftig wird die Gruppe für die Arbeiten zu leistungsverbrauchsarmen Hochfrequenzschaltungen die Integration von passiven Bauelementen hoher Güte und den Einsatz von piezoelektrischen Komponenten nutzen. Im Bereich der UWB-Funktechnik soll die Verwertung der Ergebnisse vorangetrieben werden. Bei Wake-Up-Empfängern steht unter anderem die zuverlässige Adressierbarkeit im Fokus. Auch sollen stärkere Anstrengungen in Richtung integriertes Batterie- und Power-Management zur Unterstützung zuverlässiger Funkübertragungen unternommen werden.

Forschungsprogramm „Technologieplattform für drahtlose und Breitbandkommunikation“ (126,95 Vollzeitäquivalente [VZÄ], davon 39,75 VZÄ in Forschung und wiss. Dienstleistungen, 8,0 VZÄ Promovierende, 79,2 VZÄ im Servicebereich)

#### *Entwicklung des Arbeitsprogramms*

Dieses Forschungsprogramm (FP) wird von der Abteilung „Technology“ durchgeführt. In den letzten Jahren wurde konsequent eine „More-than-Moore“-Strategie verfolgt. Der Umfang der Grundlagenforschung wurde vergrößert; drei neue *Joint Labs* mit Universitäten wurden gegründet. Die thematischen Schwerpunkte des FP wurden deutlich erweitert. Im Bereich „Monolithische Integration“ werden silizium-basierte Terahertz-Technologien sowie elektro-optische Bauelemente für die Silizium-Photonik und Ansätze für deren Integration in bestehende Technologien entwickelt; auch Mikro-Elektromechanische Systeme (MEMS) werden erforscht. Daneben wurde seit der letzten Evaluierung der Bereich „Heterogene Integration“ etabliert. Ziel ist die Entwicklung von heterogenen Integrationskonzepten für neue Bauelemente und Funktionalitäten für neue Anwendungsfelder, beispielsweise in der Medizin- und Biotechnologie, Sensorik, Sicherheitsforschung und Raumfahrt. Als Grundlage der Forschungsarbeiten dient die vorhandene 0,13- $\mu\text{m}$ -BiCMOS-Technologie mit schnellen Heterobipolartransistoren (HBT).

### *Arbeitsergebnisse*

Dem IHP gelang es, extrem schnelle Silizium-Germanium-HBT zu entwickeln und in eine vollständige Technologie zu überführen. Insgesamt konnten die Leistungen der SiGe-BiCMOS-Technologien stetig verbessert werden. Es wurden erste Demonstratoren für Imaging-Anwendungen mit einer Frequenz von 530 Gigahertz und einer Leistung von einem Milliwatt gefertigt, außerdem erste HBT mit 570 Gigahertz Grenzfrequenz. Auch in der Erforschung von pnp-Silizium-Germanium-HBT wurden erhebliche Fortschritte erzielt.

Im Bereich der Entwicklung von elektronisch-photonischen SiGe-BiCMOS-Technologien konnte ein integrierter Empfänger mit Übertragungsraten von 40 Gigabit pro Sekunde demonstriert werden. Fortschritte gab es auch bei der Entwicklung einzelner Komponenten der Silizium-Photonik und von Prozessschritten.

Es wurden MEMS entwickelt und ein 30-GHz-Quad-Chip-Transceiver mit vier RF-MEMS-Wechselschaltern demonstriert. Die Güte von On-Chip-Spulen und Antennen konnte verdoppelt werden.

Bei der Entwicklung von Technologiemodulen für heterogene Integrationskonzepte wurde mittels eines „On-Top-of-Chip“-Ansatzes die SiGe-BiCMOS-Technologie des IHP mit den Indiumphosphid-HBT des Ferdinand-Braun-Instituts, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik (FBH) in Berlin verbunden. Außerdem konnten Flüssigkeitskanäle im Mikrometerbereich auf der Rückseite von Wafern demonstriert werden.

Weitere Ergebnisse betrafen beispielsweise die Zell- und Makromolekülsensorik und -manipulation für die Diagnostik und die Entwicklung eines implantierbaren Messsystems für Blutzucker.

Im Zeitraum von 2012 bis 2014 wurden durch Beschäftigte dieses FP insgesamt 141 Artikel in Fachzeitschriften mit Begutachtungssystem veröffentlicht, 186 begutachtete Konferenzbeiträge, 53 Beiträge in Sammelwerken, eine Monographie sowie zwei Artikel in weiteren Zeitschriften. Hinzu kamen drei Herausgeberschaften von Sammelwerken. Im selben Zeitraum erfolgten 13 Erstanmeldungen von Patenten sowie zehn internationale Nachanmeldungen; 28 Patente wurden gewährt.

Die Forschungsergebnisse und Technologien werden Partnern aus Hochschulen, Forschungseinrichtungen und der Industrie zur Verfügung gestellt. Pro Jahr werden vier Abläufe in 0,25- $\mu\text{m}$ - und drei Abläufe in 0,13- $\mu\text{m}$ -Technologien sowie zusätzliche Engineering Runs gestartet. Daneben wird die Nutzung der Diagnostikmöglichkeiten des IHP und der Teilschrittprozesse sowie elektrische Charakterisierung angeboten. Die Anzahl der aktiven Nutzer ist in den vergangenen Jahren um 40 Prozent gestiegen; derzeit nutzen jährlich ca. 70 Partner den Service.

### *Arbeitsplanung*

Der „More-than-Moore“-Ansatz wird auch in Zukunft auf der Basis der 0,13- $\mu\text{m}$ -BiCMOS-Umgebung verfolgt werden. Ziel bleibt es, Neuentwicklungen in möglichst kurzer Zeit Anwendern aus Forschung und Industrie zur Verfügung zu stellen.

Im Bereich „Monolithische Integration“ sollen die bestehenden Themengebiete wie Terahertz-Technologien, Silizium-Photonik und RF-MEMS weiterentwickelt werden. Zusätzlich soll die Integration von Elementen für Back-End-of-Line-integrierte Speicher untersucht werden.

Im Bereich „Heterogene Integration“ wird der „On-Top-of-Chip“-Ansatz weiter eine wichtige Rolle spielen. In Kooperation mit anderen Partnern sollen neben der erfolgreichen Kombination von SiGe-Technologien mit Indiumphosphid-Technologien auch andere III/V-Komponenten mit den IHP-Technologien verbunden werden sowie weitere Themengebiete wie beispielsweise Packaging-Techniken erforscht werden.

Im Jahr 2015 wird das „NanoLab“ im IHP in Betrieb genommen. Durch nachträgliches Weiterprozessieren von BiCMOS-Wafern können neue Möglichkeiten der Heterointegration erschlossen werden.

Die Aktivitäten zur Herstellung von graphen-basierter Mikroelektronik sollen erweitert werden. Außerdem ist die Erforschung von Möglichkeiten zur Nanostrukturierung, z. B. durch Elektronenstrahlolithographie, vorgesehen.

Forschungsprogramm „Materialien für die Mikro- und Nanoelektronik“ (27,0 Vollzeit-äquivalente [VZÄ], davon 22,5 VZÄ in Forschung und wiss. Dienstleistungen, 1,75 VZÄ Promovierende, 2,75 VZÄ im Servicebereich)

Dieses Forschungsprogramm (FP) wird von der Abteilung „Materials Research“ durchgeführt. Ihm sind drei Arbeitsgruppen (AG) zugeordnet: „Erkundende Materialforschung“, „Front-End-of-Line Materialforschung“ sowie „Back-End-of-Line Materialforschung“. Mit der Technischen Universität Posen (Polen) gibt es ein *Joint Lab* mit dem Titel „Połączyć – Interfacing – Verbinden“. Ein *Joint Lab* mit der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg mit Schwerpunkt auf Materialforschung für die Photovoltaik wurde Ende Juli 2015 aufgelöst.

Seit der Neubesetzung der Leitung der Abteilung „Materials Research“ im Jahr 2012 hat sich die Schwerpunktsetzung des FP geändert. Die Aktivitäten zielen nun auf die Integration von Bauteilen und Modulen in der Silizium-Technologie des Instituts ab. Dazu stehen Materialinnovationen zur Erreichung der übergreifenden Ziele des IHP (Frequenzerhöhung für RF-Module, elektronisch-photonische Schaltungen, verbrauchsarme Schaltkreise, biomedizinische Anwendungen etc.) im Zentrum.

Im Zeitraum von 2012 bis 2014 wurden durch Beschäftigte dieses FP insgesamt 134 Artikel in Fachzeitschriften mit Begutachtungssystem veröffentlicht, 42 begutachtete Konferenzbeiträge, 50 Beiträge in Sammelwerken sowie drei Artikel in weiteren Zeitschriften. Hinzu kamen sechs Herausgeberschaften von Sammelwerken. Im selben Zeitraum erfolgten vier Erstanmeldungen von Patenten sowie sechs internationale Nachanmeldungen; zehn Patente wurden gewährt.

#### *Arbeitsgruppe „Erkundende Materialforschung“*

Diese Gruppe arbeitet an Si-CMOS-kompatibler Graphen-Synthese sowie an graphen-basierten Transistoren.

In den vergangenen Jahren gelang unter anderem Graphenwachstum auf Germaniumsubstraten. Nickel-basierte Prozesse zur Graphenabscheidung bieten nun weiteres Entwicklungspotenzial. Weiterhin betreibt die Gruppe die komplexe Integration eines vom IHP patentierten „Graphen Basis Transistors“ (GBT) in eine 200-Millimeter Si-CMOS Umgebung. Das Potenzial für Anwendungen mit hoher Frequenz und Leistung wurde in Simulationen belegt.

Zukünftig wird die Überführung von Graphen-Bauelementen in die Anwendung eine wichtige Rolle spielen. Mechanistische Aspekte der Graphensynthese sollen theoretisch erforscht werden. Insgesamt sollen die Graphen-Aktivitäten auf weitere Gebiete wie z. B. Graphen-Photonik oder Graphen-Sensorik ausgeweitet werden. Das IHP wird damit insbesondere zur Erforschung der Integration von Graphen-Bauelementen in komplexe Silizium-„More than Moore“-Technologien beitragen.

#### *Arbeitsgruppe „Front-End-of-Line Materialforschung“*

Diese Gruppe forscht zur „Germanium auf Silizium“-Materialbasis für elektronisch-photonische Schaltungen; besonderes Augenmerk liegt auf der Erforschung fortgeschrittener Nano-Heteroepitaxieverfahren sowie der Entwicklung Si-CMOS-kompatibler Laserquellen auf Basis zugverspannter Germanium-Heterostrukturen.

In den vergangenen Jahren gelang der Nachweis, dass mit einem fortgeschrittenen Heteroepitaxie-Verfahren komplett elastisch relaxierte Ge/SiGe/Si-Nanostrukturen von ca. 100 Nanometer Durchmesser erstellt werden können, die frei von Defektversetzungsnetzwerken an der Heterostruktur-Grenzfläche sind. Fortschritte konnten bei der Erforschung zugverspannter Germanium-Mikrostrukturen als Silizium-CMOS-kompatible Laserquellen erzielt werden. Gemeinsam mit der *European Synchrotron Radiation Facility* (ESRF) in Grenoble (Frankreich) wurde eine neue zerstörungsfreie und modellunabhängige Strukturmethode entwickelt. Das Knowhow der Gruppe wird im Rahmen bilateraler Forschungs- und Entwicklungsaufträge mit einem namhaften Industrieunternehmen genutzt und führt zu einer erheblichen Industriefinanzierung des FP.

Zukünftig wird sich die Arbeit der Gruppe auf germanium-basierte Bauelemente insbesondere für Photonik und Sensorik fokussieren. Eine zentrale Rolle wird die Erforschung des optoelektronischen Potenzials des Silizium-Germanium-Zinn-Systems spielen. Verspannte Germanium-Mikrostrukturen werden erforscht, um eine Silizium-kompatible Laserstruktur zu entwickeln.

#### *Arbeitsgruppe „Back-End-of-Line Materialforschung“*

Die Arbeit dieser Gruppe zielt auf die Integration weiterer Funktionalitäten in komplexe Chiparchitekturen ab; Schwerpunkte der Forschung waren nicht-flüchtige, resistive Speicheransätze auf Hafniumoxid-Basis sowie Anwendungen für sogenannte „Surface Acoustic Wave“-Filter (SAW-Filter).

Die Gruppe etablierte gemeinsam mit dem Synchrotron Petra III in Hamburg ein innovatives Verfahren zur zerstörungsfreien Analyse der Vorgänge an der vergrabenen Metall/Oxid-Grenzfläche während des Schaltens. Es wurde ein Test-Array für widerstandsgeschaltete Arbeitsspeicher (Resistive RAM=RRAM) zur statistischen Analyse wichtiger

Speicherparameter entwickelt. Für SAW-Filter wurde ein Integrationskonzept verfolgt, das den Filtereinbringungsverlust auf -12,8 Dezibel reduziert.

Im Bereich RRAM wird der Fokus auf „in operando“-Materialanalytik und die materialphysikalische Nano-Spektroskopie zum Verständnis von Degradationsmechanismen in der RRAM-Performance liegen. Inwieweit die Forschung zu SAW weitergeführt werden soll, wird derzeit diskutiert. Ein mögliches weiteres Thema für diese AG könnte die Sicherheitsforschung sein.

## 4. Kooperation und Vernetzung

### Institutionelle Kooperationen mit Hochschulen

Das IHP unterhält mit mehreren Hochschulen enge Kooperationsbeziehungen. Sieben leitende Wissenschaftler des IHP sind auf gemeinsame Professuren berufen (vgl. Kapitel 5). Sie üben entsprechend umfangreiche Lehrtätigkeiten an den jeweiligen Hochschulen aus. Auch bei der Betreuung wissenschaftlicher Qualifizierungsarbeiten ist das IHP aktiv (vgl. Kapitel 5).

Eine besondere Form der Zusammenarbeit sind die *Joint Labs*. Die Partner sichern sich dabei die gegenseitige Nutzung von Räumen, Geräten und Einrichtungen zu. Die Finanzierung gemeinsamer Projekte erfolgt über Drittmittel. Derzeit hat das IHP acht *Joint Labs* mit sieben verschiedenen Hochschulen: der Brandenburgischen Technischen Universität (BTU) Cottbus-Senftenberg, der Technischen Universität (TU) Berlin (2), der Humboldt-Universität (HU) Berlin, der Universität Potsdam, der Technischen Hochschule Wildau, der Sabanci Universität in Istanbul (Türkei) sowie der Technischen Universität Posen (Polen). Ein weiteres *Joint Lab* mit der BTU Cottbus-Senftenberg wurde Ende Juli 2015 aufgelöst.

Über ein *Joint Lab* mit der TU Berlin ist das IHP am SFB 787 („Halbleiter – Nanophotonik: Materialien, Modelle, Bauelemente“) beteiligt. Über das *Joint Lab* mit der HU Berlin ist das Institut in das Graduiertenkolleg METRIK („Modellbasierte Entwicklung von Technologien für selbstorganisierende dezentrale Informationssysteme im Katastrophenmanagement“) eingebunden; zudem war es über die TU Berlin an der Helmholtz Research School on Security Technologies beteiligt. Das DFG-Schwerpunktprogramm „Drahtlose Ultrahochgeschwindigkeitskommunikation für den mobilen Internetzugang“ (SPP 1655) wird vom Leiter des Forschungsprogramms „Drahtlose Systeme und Anwendungen“ koordiniert. Das IHP ist mit drei Projekten an diesem Programm beteiligt.

Weitere längerfristige Kooperationen gibt es mit der Tohoku Universität in Sendai (Japan), mit dem University College London (England), mit der Zweigstelle der bbw Hochschule Berlin in Frankfurt an der Oder (dies ist eine private, staatlich anerkannte Fachhochschule, deren Gründung 2007 vom bbw „Bildungswerk der Wirtschaft in Berlin und Brandenburg“ initiiert wurde), mit der Bergischen Universität Wuppertal sowie mit dem Georgia Institute of Technology in Atlanta (USA).

## **Institutionelle Kooperationen mit anderen Einrichtungen im In- und Ausland**

Das IHP kooperiert mit anderen Leibniz-Einrichtungen u. a. im Rahmen des Leibniz-Forschungsverbunds Medizintechnik, der Netzwerke Nano sowie Mathematische Modellierung und Simulation sowie des Leibniz-Transfervverbunds Mikroelektronik. Enge Verbindungen bestehen auch zu den Fraunhofer-Instituten für Integrierte Schaltungen (IIS) in Erlangen und für Zuverlässigkeit und Mikrointegration (IZM) in Berlin.

Der überwiegende Teil der Forschung des IHP erfolgt nach Angaben des Instituts in nationalen Verbundvorhaben bzw. in EU-Projekten. Im Zeitraum 2012 bis 2014 war das IHP an 31 durch das BMBF sowie an zahlreichen durch die DFG und das BMWi geförderten Projekten beteiligt.

Auf internationaler Ebene arbeitet das IHP vorrangig mit europäischen Partnern zusammen. Im Zeitraum 2012 bis 2014 war es an 20 EU-Projekten beteiligt, in sieben davon als Koordinator. Außerhalb Europas gibt es Kooperationen z. B. mit dem Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI) in Daejeon (Südkorea) sowie mit dem Georgia Institute of Technology.

Im Zeitraum 2012 bis 2014 waren insgesamt 82 externe Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler für Aufenthalte von mindestens einer Woche Dauer zu Gast am IHP, 50 davon für länger als drei Monate. Im gleichen Zeitraum hielten sich 31 Beschäftigte des IHP zu Gastaufenthalten von mindestens einer Woche Dauer an externen Einrichtungen auf, fünf davon für länger als drei Monate.

## **Weitere Kooperationen und Netzwerke**

Das IHP unterhält zahlreiche Kooperationsbeziehungen mit Unternehmen, z. B. zu Hochfrequenz-Schaltkreisen, Schaltkreisen für Glasfaserkommunikation bzw. Silizium-Photonik sowie zu kommerziellen Raumfahrtprodukten. Die Mehrzahl der Kooperationen erfolgt im Rahmen von Forschungsprojekten. Darüber hinaus nutzen zahlreiche Firmen die Services des IHP (vgl. auch Kapitel 2).

Zu den zahlreichen Netzwerken, in denen das IHP mitwirkt, zählen beispielsweise in der Region Berlin-Brandenburg die Cluster Gesundheitswirtschaft, Optoelektronik, Informations- und Kommunikationstechnik sowie Medien, „KRITIS“ (kritische Infrastrukturen), „LAUF“ (Landesvereinigung außeruniversitärer Forschung in Brandenburg), das Potsdamer Forschungsnetzwerk „Pearls“ und das Kooperationsnetzwerk „DiagnostikNet BB“. International nennt das Institut die Netzwerke „Photonics21“ (European Technology Platform for Photonics), „EURAMIG“ (European Microwave Interest Group) und „AENEAS“ (Association for European NanoElectronics Activities). Zudem sind Beschäftigte des Instituts Mitglied in Ausschüssen, Beiräten und Arbeitskreisen diverser Verbände und Interessenvertretungen.

## 5. Personal- und Nachwuchsförderung

### Personalentwicklung und -struktur

Am IHP waren am 31. Dezember 2014 insgesamt 262 Personen (258,2 Vollzeitäquivalente [VZÄ]) beschäftigt; hinzu kamen 17 Auszubildende (17,0 VZÄ) und 23 Studentische Hilfskräfte (7,7 VZÄ). Im Bereich Forschung und wissenschaftliche Dienstleistungen waren 135 Personen (133,3 VZÄ) tätig. Von diesen waren 65 % befristet beschäftigt. Im Servicebereich arbeiteten 106 Personen (104,65 VZÄ), in der Verwaltung 21 Personen (20,25 VZÄ; vgl. Anhang 4).

Das IHP hat eine Personalmarketing-Strategie entwickelt, deren Inhalte in die Internetseite eingeflossen sind. Neben der wissenschaftlichen Exzellenz werden Faktoren wie Qualifizierung, Kooperation, Region, Vielfalt und Vereinbarkeit von Beruf und Familie beworben. Das Institut investiert frühzeitig in ein Talent-Management und versucht, bereits Studierende über Praktika und Hilfskrafttätigkeiten zu binden und Schüler und Schülerinnen für die Forschungsthemen des IHP zu interessieren. Alle Stellen werden öffentlich und international ausgeschrieben.

Der Personalentwicklungsbedarf wird in jährlichen Mitarbeitergesprächen ermittelt; auch unabhängig von diesen Gesprächen, z. B. bei Neueinstellungen oder Änderungen des Arbeitsgebiets, kann ein Bedarf an Förderung oder Schulung festgestellt werden. Neben spezifischen Unterweisungen in den Fachbereichen bietet das IHP regelmäßig z. B. Interkulturelle Workshops sowie Englisch- und Deutschkurse an. Auch Angebote zur Managementqualifizierung können genutzt werden. Bei wissenschaftlich Beschäftigten wird die aktive Teilnahme an Seminaren und Fachkonferenzen gefördert.

#### *Gemeinsame Berufungen und personelle Änderungen auf Leitungspositionen*

#### Geschäftsführung:

- Wissenschaftlich-Technischer Geschäftsführer: Der seit 2002 amtierende Wissenschaftlich-Technische Geschäftsführer musste im September 2014 aus gesundheitlichen Gründen zurücktreten; er verstarb im April 2015. Das Aufsichtsgremium bestellte daraufhin den damaligen Leiter der Abteilung „Technology“ zum neuen Wissenschaftlich-Technischen Geschäftsführer; er ist gemeinsam mit der Technischen Universität (TU) Berlin berufen (W3; seit 2007).

#### Abteilung „Technology“:

- Abteilungsleitung: seit Februar 2015 kommissarische Leitung durch zwei IHP-Wissenschaftler; mittelfristig sollen für die Leitung zwei neu zu besetzende gemeinsame Professuren eingerichtet werden.
- Leitung des Joint Lab „Silicon Photonics“: ausgeschrieben im April 2015 als gemeinsame Professur (W2) mit der TU Berlin.

#### Abteilung „System Design“:

- Abteilungsleitung: gemeinsame Berufung mit der Brandenburgischen Technischen Universität (BTU) Cottbus-Senftenberg (C4; seit 1998).

- Leitung der Arbeitsgruppe „Wireless Broadband Communications“: gemeinsame Berufung mit der Humboldt-Universität Berlin (W2); 2011 Berufung des bereits zuvor am IHP tätigen Gruppenleiters.
- Leitung der Arbeitsgruppe „Sensornetworks and Middleware Platforms“: gemeinsame Berufung mit der BTU Cottbus-Senftenberg (W2); 2012 Berufung des bereits zuvor am IHP tätigen Gruppenleiters.
- Leitung der Nachwuchsgruppe „Zuverlässige und energieeffiziente Sensornetze“: gemeinsame Berufung (Stiftungsprofessur) mit der Universität Potsdam (W2); 2014 Neuberufung des Gruppenleiters.
- Leitung der Arbeitsgruppe „Test- und Design-Methodik“: ausgeschrieben im April 2015 als gemeinsame Professur (W2) mit der Universität Potsdam.

#### Abteilung „Circuit Design“:

- Abteilungsleitung: gemeinsame Berufung mit der TU Berlin (W3); Anfang 2015 Neuberufung des derzeitigen Leiters nach Wegberufung des Vorgängers an die Universität Paderborn im Jahr 2012; zwischenzeitlich kommissarische Leitung durch einen Arbeitsgruppenleiter.

#### Abteilung „Materials Research“:

- Abteilungsleitung: gemeinsame Berufung mit der BTU Cottbus-Senftenberg (W2) im Jahr 2012.

### **Förderung der Gleichstellung der Geschlechter und Vereinbarkeit von Familie und Beruf**

Der Anteil von Frauen im wissenschaftlichen Bereich ist in den vergangenen fünf Jahren von sechs auf 13 Prozent gestiegen. Ende 2014 waren von den 34 am IHP Promovierenden acht Frauen (24 %). Von den übrigen 79 wissenschaftlich Beschäftigten ohne Leitungsaufgaben waren zehn Frauen (13 %). Von den 22 wissenschaftlichen Positionen mit Leitungsaufgaben war keine mit einer Frau besetzt.

Seit 2005 gibt es eine „Individuelle Vereinbarung zur Chancengleichheit“; seit 2009 werden die „Forschungsorientierten Gleichstellungsstandards der DFG“ umgesetzt. Zur Erhöhung des Anteils von Frauen wurden dabei Zielquoten festgelegt, die nach Angaben des Instituts 2013 erfüllt bzw. übererfüllt wurden. Sowohl 2010 als auch 2013 wurde das IHP mit dem Prädikat „TOTAL E-QUALITY“ ausgezeichnet.

Zur Verbesserung der Vereinbarkeit von Familie und Beruf hat das IHP eine Reihe von Maßnahmen eingeführt. Dazu gehören Gleitzeit und flexible Arbeitszeitmodelle sowie die Möglichkeit von Heimarbeit. Am Institut gibt es u. a. ein Eltern-Kind-Zimmer und einen Wickeltisch. Außerdem engagiert sich das IHP als Mitglied im „Lokalen Bündnis für Familien“ in Frankfurt (Oder) und kooperiert mit einem externen Dienstleister, der als Ansprechpartner bei verschiedenen familiären Belangen mit einem Informations-, Beratungs- und Serviceangebot unterstützt.

## **Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses**

Das IHP bietet bereits für Schülerinnen und Schüler Praktika an und nimmt jährlich am Brandenburger Zukunftstag für Mädchen und Jungen teil. Mit dem Carl-Friedrich-Gauß-Gymnasium in Frankfurt (Oder) kooperiert das Institut im Rahmen eines Schülerlabors, bei der Physikolympiade und beim Landeswettbewerb von „Jugend forscht“.

Im Zeitraum von 2012 bis 2014 wurden durch Beschäftigte des Instituts insgesamt 52 Abschlussarbeiten für promotionsbefähigende Studiengänge betreut. Studierende natur- und ingenieurwissenschaftlicher Fachrichtungen können am IHP Praktika absolvieren oder Hilfskrafttätigkeiten ausüben. Auch bietet das Institut für Studierende Sommer- und Wintersemester zu verschiedenen Themen an.

Im selben Zeitraum wurden am IHP insgesamt 50 Promotionen abgeschlossen. Die Promovierenden werden i. d. R. nach TV-L E-13 bezahlt und sind in Vollzeit beschäftigt, in der Abteilung „Materials Research“ zu 75 %. Im Jahr 2010 wurde eine strukturierte Begleitung der Doktorarbeit eingeführt, 2015 eine Doktorandenvereinbarung, der zufolge die Promotionsvorhaben regelmäßig evaluiert werden und die Ergebnisse schriftlich festgehalten werden. Seit 2013 arbeitet das IHP eng mit der Potsdam Graduate School zusammen. Die durchschnittliche Promotionsdauer betrug zuletzt 4,4 Jahre.

Promovierte Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftler werden von ihren jeweiligen Vorgesetzten dabei gefördert, ihre berufliche Entwicklung voranzutreiben und Möglichkeiten einer zukünftigen Tätigkeit in der Wissenschaft oder in der Industrie auszuloten. Beispielsweise wurde in den vergangenen Jahren die Teilnahme am „Junior Professional Management-Programm für Führungskräfte“ des Zentrums für Wissenschaftsmanagement Speyer unterstützt. Eine junge Wissenschaftlerin ist Mentee im Leibniz-Mentoring-Programm.

Im Zeitraum von 2012 bis 2014 schlossen zwei Wissenschaftler ihre Habilitation ab, die durch Beschäftigte des IHP betreut wurden. Ein Arbeitsgruppenleiter wurde auf eine W2-Professur berufen und eine Nachwuchsgruppe mit einer W2-Stiftungsprofessur am IHP eingerichtet.

## **Berufliche Qualifizierung der nicht-wissenschaftlich Beschäftigten**

Dem nicht-wissenschaftlichen Personal wird die Möglichkeit zur Teilnahme an bedarfsgerechten fachlichen Schulungen gegeben. Darüber hinaus unterstützt das IHP seine Beschäftigten beim Erwerb weiterführender Hochschulabschlüsse, beispielsweise in einem Bachelor-Studiengang „Maschinenbau mit der Spezialisierung Mechatronik“ an der bbw-Hochschule: Fünf Personen schlossen diesen Studiengang im Jahr 2012 ab, eine weitere 2013. Daneben schloss eine Mitarbeiterin 2012 ihr berufsbegleitendes Informatikstudium an der „Wilhelm Büchner Hochschule“ in Darmstadt mit dem Diplom ab. Derzeit absolvieren am IHP insgesamt neun Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter ein berufsbegleitendes Studium.

Das IHP bietet insgesamt 17 Ausbildungsplätze in acht Berufen an, sowohl im technischen als auch im administrativen Bereich. Im Zeitraum von 2012 bis 2014 schlossen 19 Personen ihre Berufsausbildung ab. Seit 2009 fördert das IHP in Zusammenarbeit mit

der IHK Ostbrandenburg Auslandsaufenthalte von Auszubildenden im Rahmen des Programms Azubi-Mobil. Fünf Auszubildende des IHP machten in den vergangenen drei Jahren von diesem Angebot Gebrauch.

## 6. Qualitätssicherung

### **Internes Qualitätsmanagement**

Verantwortlich für die Qualitätssicherung ist die Geschäftsführung. Für die Umsetzung und Weiterentwicklung der Qualitätssicherung gibt es einen Qualitätsmanagementbeauftragten. Es sind klare Prozessabläufe festgelegt, und seit 1999 ist das Qualitätsmanagement des IHP nach DIN EN ISO 9001 zertifiziert (derzeit: DIN EN ISO 9001:2008).

Das IHP bekennt sich zu den Regeln guter wissenschaftlicher Praxis. Für Fragen und Fälle von vermutetem wissenschaftlichem Fehlverhalten gibt es eine unabhängige Ombudsperson.

Es gibt festgelegte Leistungs- und Bewertungskriterien für Publikationen, Prüfungen, Beförderungen und Einstellungen und einen Publikationsmanagementprozess zur Sicherung der Qualität von Veröffentlichungen. Die Sicherheit von Primärdaten wird derzeit ausgebaut, sodass eine Archivierung für zehn Jahre gewährleistet werden kann.

### **Qualitätsmanagement durch den Wissenschaftlichen Beirat**

Der Wissenschaftliche Beirat tagt zweimal pro Jahr am Institut, bewertet die Ergebnisse und strategischen Planungen einschließlich des Programmbudgets und spricht Empfehlungen gegenüber der Institutsleitung und dem Aufsichtsrat aus. Zwischen den externen Evaluierungen führt er ein zweitägiges Audit durch; das letzte Audit fand 2012 statt.

### **Umsetzung der Empfehlungen der letzten externen Evaluierung**

Nach Einschätzung des Wissenschaftlichen Beirats hat das Institut die Empfehlungen der letzten Evaluierung (vgl. Stellungnahme des Senats der Leibniz-Gemeinschaft vom 9. Juli 2008) umgesetzt. Das IHP führt dazu Folgendes aus:

1. *Formulierung einer ambitionierteren mittel- bis langfristigen Forschungsstrategie; dabei Berücksichtigung einer möglichen rückläufigen Nachfrage nach den gegenwärtig erforschten Technologien.*

Die in der Forschungsstrategie enthaltenen Zielstellungen bezüglich Publikationen, Patenten, Realisierung industriell relevanter Prototypen und forschungsbasierten Services sind ambitioniert. Durch die Erhöhung der Leistungsfähigkeit der angebotenen Heterobipolartransistoren konnte die Nachfrage nach SiGe-Technologien des IHP sogar gesteigert werden. Das Institut arbeitet auch an Alternativangeboten wie Silizium-Photonik sowie graphen-basierten Technologien.

2. *Stärkere Verbindung der grundlagenorientierten Arbeiten im Bereich der Materialwissenschaften mit den Forschungsarbeiten der übrigen Abteilungen; bessere Ausstattung und Einbindung des Joint Lab mit der BTU Cottbus; Gründung weiterer Joint Labs; Stärkung der Grundlagenforschung und Einwerbung von DFG-Mitteln.*

Alle drei Arbeitsgruppen der Abteilung „Materials Research“ bearbeiten Themen der Grundlagenforschung wie auch der technologischen Entwicklung, gemeinsam insbesondere mit der Abteilung „Technology“. Die Gründung von *Joint Labs* wurde vorangetrieben (vgl. Kapitel 4). Die Grundlagenforschung wurde gestärkt; im Jahr 2015 arbeitet das Institut an 18 DFG-Projekten.

3. *Ausbau der Expertise in Hochfrequenz-Packaging und Antennentechnik durch Kooperationen auf nationaler Ebene; Ausbau internationaler Kooperationen und Übernahme von Leitfunktionen in Netzwerken.*

Das IHP hat die Kooperationen mit entsprechenden Spezialisten vertieft. Außerdem wurde eine hohe eigene Kompetenz bei On-Chip-Antennen bis 500 GHz aufgebaut. Die internationalen Kooperationen wurden ebenfalls ausgebaut. Im Zeitraum von 2012 bis 2014 war das IHP an 20 EU-Projekten beteiligt, davon in sieben als Koordinator.

4. *Erhöhung der Anzahl von Industriekooperationen und Diversifikation der Drittmittelträge von Industriepartnern; Prüfung einer möglichen Erhöhung der Vergütung von Serviceleistungen durch Industriepartner; Formulierung einer übergreifenden Marketingstrategie.*

Die Anzahl von Projekten mit Industriepartnern und die entsprechenden Drittmittelträge wurden erhöht. Die Preise der Services bewegen sich am oberen Ende des durchsetzbaren Marktpreises. Die Marketingaktivitäten wurden erheblich ausgeweitet, und eine übergreifende Marketingstrategie wurde erarbeitet.

5. *Weiterhin Beförderung von Ausgründungen.*

Ausgründungen wurden in den vergangenen Jahren weiterhin gefördert (vgl. Kapitel 2).

6. *Keine Aufnahme der Solartechnik als neuen Arbeitsschwerpunkt.*

Solartechnik ist kein Arbeitsschwerpunkt des IHP.

7. *Erweiterung des Verwaltungspersonals um eine Position zur Drittmittelverwaltung.*

Dies wurde realisiert.

8. *Vorsorge des Zuwendungsgebers und des IHP, um mögliche Kürzungen der erheblichen Förderung aus EFRE-Mitteln auszugleichen.*

Auch in den Förderperioden 2007 bis 2011 sowie 2011 bis 2014 hat das IHP erhebliche EFRE-Mittel erhalten. Durch die Gewährung eines Sondertatbestands konnte der Investitionshaushalt seit 2014 deutlich erhöht werden und wird ab 2017 auf einem angemessenen Niveau verstetigt (vgl. Kapitel 2).

9. *Prüfung der Einführung eines Systems zur leistungsbezogenen Mittelvergabe.*

Eine leistungsbezogene Vergabe von Investitions- und Personalmitteln anhand des Kriteriums „eingeworbene Drittmittel“ wurde geprüft und nicht eingeführt. Auch in Zukunft soll das bewährte Verfahren beibehalten werden, demzufolge die Mittel in Abstimmung der Abteilungen so vergeben werden, dass die strategischen Arbeiten des Instituts gesichert sind.

*10. Entzerrung der Amtszeiten der Mitglieder des Wissenschaftlichen Beirats, um ausreichende Kontinuität zu gewährleisten.*

Die derzeitigen Mitglieder des Beirats begannen ihre Tätigkeit zwischen 2008 und 2014. Dadurch wird in Zukunft ausreichende Kontinuität gewährleistet sein.

*11. Formulierung einer längerfristigen Strategie zur Erhöhung des Anteils von Frauen in allen Arbeitsbereichen; insbesondere Erhöhung der Anteils von Wissenschaftlerinnen im Leitungsbereich.*

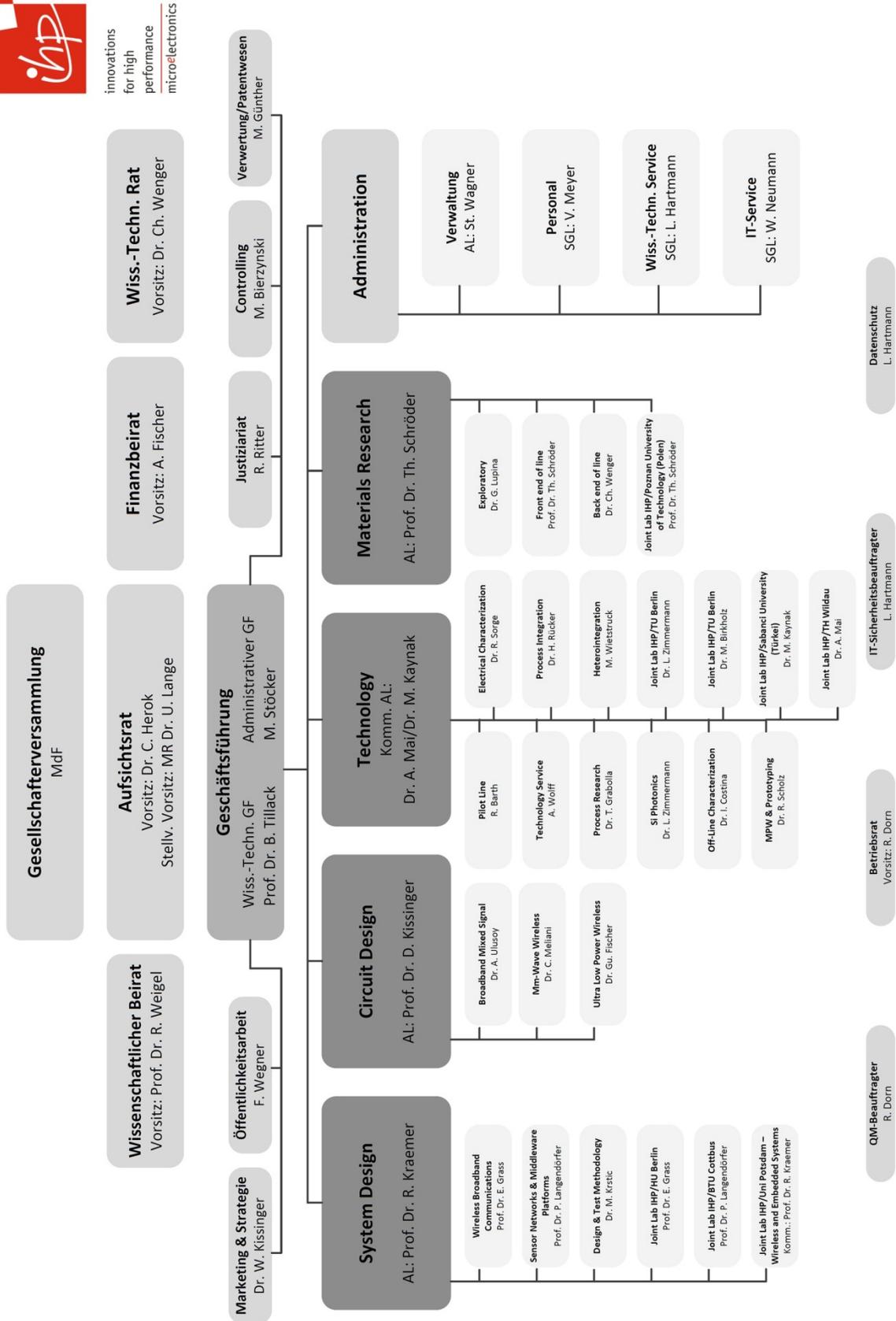
Das IHP hat seit 2009 Maßnahmen und verbindliche Zielquoten zur Erhöhung des Anteils von Wissenschaftlerinnen definiert (vgl. Kapitel 5). Im Leitungsbereich war im Evaluierungszeitraum eine Abteilungsleitungsstelle zu besetzen. Einer Kandidatin wurde ein Angebot unterbreitet; sie lehnte jedoch ab.

Anhang 1

Organigramm



innovations  
for high  
performance  
microelectronics



## Anhang 2

## Publikationen des IHP

	Zeitraum		
	2012	2013	2014
<b>Veröffentlichungen insgesamt</b>	<b>260</b>	<b>253</b>	<b>295</b>
Monografien	2	0	3
Einzelbeiträge in Sammelwerken <i>davon begutachtete Konferenzbeiträge</i>	161 120	185 140	179 138
Aufsätze in Zeitschriften mit Begutachtungssystem	90	67	102
Aufsätze in übrigen Zeitschriften	2	1	6
Herausgeberschaft (Sammelwerke)	5	0	5

<b>Gewerbliche Schutzrechte (vergangene drei Jahre, bis 2014) <sup>1)</sup></b>	Gewährt	Angemeldet
Patente	82	44 Erstanmeldungen und 17 internationale Nach- anmeldungen
Übrige gewerbliche Schutzrechte	0	0
Verwertungsvereinbarungen / Lizenzen (Anzahl)	17	

---

<sup>1</sup> Zu den finanziellen Aufwendungen und Erträgen aus Patenten, übrigen Schutzrechten und Lizenzen vgl. Anhang 3 „Erträge und Aufwendungen“.

### Anhang 3 Erträge und Aufwendungen

Erträge		2012			2013			2014 <sup>1)</sup>		
		T€	% <sup>2)</sup>	% <sup>3)</sup>	T€	% <sup>2)</sup>	% <sup>3)</sup>	T€	% <sup>2)</sup>	% <sup>3)</sup>
<b>Erträge insgesamt (Summe I., II. und III.; ohne DFG-Abgabe)</b>		<b>47.898</b>			<b>48.845</b>			<b>45.940</b>		
<b>I.</b>	<b>Erträge (Summe I.1.; I.2. und I.3)</b>	<b>34.151</b>	100 %		<b>34.945</b>	100 %		<b>37.786</b>	100 %	
1.	Institutionelle Förderung (außer Baumaßnahmen und Grundstückserwerb)	21.217	62 %		21.121	60 %		23.170	61 %	
1.1	Institutionelle Förderung (außer Baumaßnahmen und Grundstückserwerb) durch Bund und Länder nach AV-WGL	19.817			21.121			22.170		
1.2	Institutionelle Förderung, soweit nicht nach AV-WGL (2012: Landesoffensive Investitionen, 2014: Sondertatbestand)	1.400			0			1.000		
2.	Erträge aus Zuwendungen zur Projektfinanzierung	9.997	29 %	100 %	10.909	31 %	100 %	10.147	27 %	100 %
2.1	DFG	114		1 %	189		2 %	236		2 %
	nachrichtlich: über Hochschulen (Joint Labs) verwaltete DFG-Mittel	215			287			697		
2.2	Leibniz-Gemeinschaft (Wettbewerbsverfahren)	260		3 %	213		2 %	276		3 %
2.3	Bund, Länder	6.471		65 %	5.864		54 %	5.220		51 %
2.4	EU	1.916		19 %	2.606		24 %	2.759		27 %
2.5	Wirtschaft	1.139		11 %	1.981		18 %	1.522		15 %
2.6	Stiftungen (Humboldt-Stiftung)	9		0 %	30		0 %	16		0 %
2.7	Sonstige	88		1 %	26		0 %	118		1 %
3.	Erträge aus Leistungen	2.937	9 %		2.915	8 %		4.469	12 %	
3.1	Erträge aus Auftragsarbeiten	2.718			2.847			4.350		
3.2	Erträge aus Publikationen	0			0			0		
3.3	Erträge aus der Verwertung geistigen Eigentums, für das die Einrichtung ein gewerbliches Schutzrecht hält (Patente, Gebrauchsmuster etc.)	219			68			101		
3.4	Erträge aus der Verwertung geistigen Eigentums ohne gewerbliches Schutzrecht	0			0			18		
<b>II.</b>	<b>Sonstige Erträge (z. B. Mitgliedbeiträge, Spenden, Mieten, Rücklage-Entnahmen)</b>	<b>2.583</b>			<b>5.090</b>			<b>3.960</b>		
<b>III.</b>	<b>Erträge für Baumaßnahmen (institutionelle Förderung Bund und Länder, EU-Strukturfonds etc.)</b>	<b>11.164</b>			<b>8.810</b>			<b>4.194</b>		

Aufwendungen		T€	T€	T€
<b>Aufwendungen (ohne DFG-Abgabe)</b>		<b>47.733</b>	<b>48.670</b>	<b>45.749</b>
1.	Personal	15.749	16.014	16.933
2.	Sachausstattung	8.775	8.881	9.905
2.1	davon: Anmeldung gewerblicher Schutzrechte (Patente, Gebrauchsmuster etc.)	354	322	327
3.	Geräteinvestitionen und Beschaffungen	5.816	6.403	6.373
4.	Baumaßnahmen, Grundstückserwerb	2.390	4.213	1.093
5.	EFRE-Maßnahmen	6.089	6.684	1.768
6.	Sonstige Betriebliche Aufwendungen	3.822	2.877	3.045
7.	Selbstbewirtschaftungsmittel (z. B. für Beiträge und Gebühren, Tagungs- und Fortbildungskosten, Miete, Reinigung, Abfall- und Abwasserkosten etc.)	2.270	2.200	3.940
8.	gebundene Kassenreste und Ausgleichsposten	2.822	1.398	2.692

DFG-Abgabe (2,5 % der Erträge aus der institutionellen Förderung)	165	174	191
---	-----	-----	-----

[1] Vorläufige Daten: nein

[2] Die Ziffern I.1, I.2 und I.3 ergeben gemeinsam 100 %. Gefragt ist also nach dem prozentualen Verhältnis zwischen „institutioneller Förderung (außer Baumaßnahmen und Grundstückserwerb)“, „Erträgen aus Zuwendungen zur Projektfinanzierung“ und „Erträgen aus Leistungen“.

[3] Die Ziffern I.2.1 bis I.2.7 ergeben 100 %. Gefragt ist also nach dem prozentualen Verhältnis zwischen den verschiedenen Herkunftsquellen der „Erträge aus Zuwendungen zur Projektfinanzierung“.

## Anhang 4

## Personalübersicht

(Stand: 31.12.2014)

	Vollzeitäquivalente		Personen		Frauen	
	insgesamt	davon drittmittel-finanziert	insgesamt	davon befristet	insgesamt	davon befristet
	Zahl	Prozent	Zahl	Prozent	Zahl	Prozent
<b>Forschung und wissenschaftliche Dienstleistungen</b>	<b>132,3</b>	<b>58</b>	<b>134</b>	<b>65</b>	<b>17</b>	<b>82</b>
Professuren / Direkt. (C4, W3)	2,5	40	3	0	0	
Professuren / Direkt. (C3, W2)	4,0	0	4	0	0	
Wissenschaftler/-innen mit Leitungsaufgaben (E15)	15,0	62	15	7	0	
Wissenschaftler/-innen ohne Leitungsaufgaben (E14, E13)	77,3	50	78	67	9	67
Promovierende (E13, E13/2)	33,5	82	34	100	8	100
<b>Servicebereiche</b>	<b>104,7</b>	<b>29</b>	<b>106</b>			
Labor (E9 bis E12)	51,6	22	52			
Labor (E5 bis E8)	36,6	43	37			
Bibliothek (E9 bis E12)	1,0	0	1			
Bibliothek (E5 bis E8)	1,0	0	1			
Sekretariate - wiss. Abteilungen	7,5	27	8			
Hausdienste (E1 bis E8)	3,0	0	3			
Informationstechnik - IT (E9 bis E12)	4,0	25	4			
<b>Administration</b>	<b>20,3</b>	<b>17</b>	<b>21</b>			
Verwaltungsleitung	1,0	0	1			
Stabsstellen (ab E13)	1,8	29	2			
Stabsstellen (ab E9 bis E12)	1,0	0	1			
Innere Verwaltung (Haushalt, Personal u. ä.) (ab E13)	4,0	0	4			
Innere Verwaltung (Haushalt, Personal u. ä.) (E5 bis E12)	11,5	26	12			
Sekretariate	1,0	0	1			
<b>Studentische Hilfskräfte</b>	<b>7,7</b>	<b>81</b>	<b>23</b>			
<b>Auszubildende</b>	<b>17,0</b>	<b>0</b>	<b>17</b>			
<b>Stipendiaten/-innen an der Einrichtung</b>	<b>1,0</b>	<b>100</b>	<b>1</b>		<b>1</b>	
Promovierende	0,0		0		0	
Postdoktorand/-innen	1,0	100	1		1	

## **Anlage B: Bewertungsbericht**

**Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik, Frankfurt (Oder)  
(IHP)**

### **Inhaltsverzeichnis**

1. Zusammenfassung und zentrale Empfehlungen.....	B-2
2. Gesamtkonzept und Profil .....	B-4
3. Teilbereiche des IHP.....	B-7
4. Kooperation und Vernetzung .....	B-11
5. Personal- und Nachwuchsförderung .....	B-13
6. Qualitätssicherung .....	B-14

Anhang:

Mitglieder und Gäste der Bewertungsgruppe; beteiligte Kooperationspartner

## 1. Zusammenfassung und zentrale Empfehlungen

Das IHP forscht sehr erfolgreich auf dem Gebiet der Silizium-basierten Höchstfrequenz-Elektronik. Das vertikale Konzept, durch das die Forschung an Materialien, Technologien, Schaltungen und Systemen verbunden wird, überzeugt und zeichnet das Institut im nationalen und internationalen Vergleich aus. Das Institut zielt bei seinen Arbeiten in aller Regel darauf ab, Technologien und Systeme bis zur Anwendungsreife zu entwickeln. Daher kooperiert es intensiv und sehr erfolgreich mit Industriepartnern.

In den vergangenen Jahren hat das IHP sich sehr erfreulich entwickelt. Mehrere Wechsel in wissenschaftlichen Leitungspositionen wurden sehr gut bewältigt. Unter anderem musste der Wissenschaftlich-Technische Geschäftsführer im Herbst 2014 gesundheitsbedingt zurücktreten. Er ist inzwischen verstorben. Als Nachfolger wurde der damalige Leiter der Abteilung „Technology“ berufen. Er führte die strategische Arbeit seines Vorgängers nahtlos und hervorragend fort und verlieh dem Institut neue wichtige Impulse.

Seit der letzten Evaluierung wurde die Grundlagenforschung einer Empfehlung folgend verstärkt; das Forschungsprogramm wurde noch besser fokussiert, insbesondere auch mit Blick auf die Bezüge zwischen grundlagenwissenschaftlich ausgerichteten und anwendungsorientierten Arbeiten. Es besteht eine gute Mischung von einerseits wichtigen weiterführenden Arbeiten an etablierten Technologien und andererseits Forschungen mit großem Potenzial für grundlegend neue Erkenntnisse. Zu letzteren zählen etwa die Arbeiten zu Graphen und in der Silizium-Photonik. Inwieweit solche im besten Sinne risikoreichen Forschungen in neue Technologien münden werden, lässt sich naturgemäß nicht vorhersagen. Es ist jedoch ausgesprochen wichtig, auch neue Wege einzuschlagen und innovative Lösungen zu erproben, wie das IHP dies auf der Grundlage der vorhandenen Expertise gut überlegt macht.

Die Zusammenarbeit zwischen den vier Forschungsprogrammen wurde weiter intensiviert und ist nun sehr gut. Auch die Kooperation mit universitären Partnern wurde ausgebaut. Insbesondere die *Joint Labs* haben sich als erfolgreiches Modell zur Einbeziehung universitärer Expertise in die Forschung des IHP sowie zur Stärkung der einschlägigen Forschung an den Partneruniversitäten erwiesen. In den vergangenen Jahren erfolgten etliche Neugründungen von *Joint Labs* zu strategisch wichtigen Themengebieten. Umgekehrt wurde auch ein *Joint Lab* geschlossen, nachdem seine inhaltliche Ausrichtung nicht länger mit den Forschungsschwerpunkten des IHP kongruent war. Diese Dynamik sollte auch in Zukunft beibehalten und mit Hilfe von klaren Evaluationsmechanismen gesteuert werden.

Die Leistungen der Forschungsprogramme werden in drei Fällen als „sehr gut“, in einem Fall als „exzellent“ bewertet. Die Forschungsergebnisse werden regelmäßig international sichtbar veröffentlicht. Von großer Bedeutung ist die Anmeldung von Patenten, die vom IHP systematisch und strategisch zielführend betrieben wird. Mit der Bereitstellung seiner Expertise und Fertigungsinfrastruktur in der institutseigenen Pilotlinie bietet das Institut externen Nutzerinnen und Nutzern, insbesondere aus der Industrie, einen ausgezeichneten Service an. Die Möglichkeit, Prototypen und Kleinserien in höchster Qualität und mit der breiten Expertise fertigen zu lassen, wie sie das IHP über das vertikale Konzept besitzt, gibt es sonst in vergleichbarer Form in Deutschland nicht.

Auch das Engagement im Wissens- und Technologietransfer ist beachtlich. Einige vor mehreren Jahren erfolgte Ausgründungen des IHP konnten sich erfolgreich auf dem Markt behaupten und führten zur Schaffung von neuen Arbeitsplätzen für hochqualifizierte Fachkräfte in der Region. Für eine weitere Verstärkung dieser Aktivitäten wurde vor Kurzem die IHP Solutions GmbH gegründet, die eine stabile Brücke zwischen Forschung und unternehmerischer Tätigkeit bilden soll.

Das IHP ist in einer hervorragenden Ausgangslage, um die erfolgreichen Arbeiten in den kommenden Jahren fortzuführen und weiter auszubauen. Die strategischen Planungen sind überzeugend. Das Institut möchte Arbeiten zum neuen, zusätzlichen Thema „Total Resilience“ aufbauen. Die Frage, wie Systeme und Komponenten beschaffen sein müssen, um die größtmögliche Widerstandsfähigkeit gegenüber Parameteränderungen auf verschiedenen Ebenen zu gewährleisten, ist von großer und wachsender Bedeutung. Das IHP sollte den Diskussionsprozess um die Verankerung und den Aufbau dieses neuen Forschungsthemas systematisch vorantreiben.

Folgende Anregungen, Hinweise und Empfehlungen des Bewertungsberichts werden hervorgehoben (innerhalb der ausführlichen Bewertung in den Kapiteln durch **Fett-druck** gekennzeichnet):

#### Gesamtkonzept und Profil (Kapitel 2)

1. Ein wichtiges Element der strategischen Planung ist das Thema „Total Resilience“. Die Frage, wie Systeme und Komponenten beschaffen sein müssen, um die größtmögliche Widerstandsfähigkeit gegenüber Parameteränderungen auf verschiedenen Ebenen zu gewährleisten, ist bereits jetzt von großer Bedeutung. Sie wird in Zukunft, wenn z. B. durch Heterointegration verschiedener Technologien immer komplexere Systeme entwickelt werden, eine noch größere Rolle spielen. Das IHP ist aufgrund seines vertikalen Konzepts prädestiniert und hervorragend aufgestellt, um diese Problematik ganzheitlich in den Blick zu nehmen. Es gibt bereits in allen Abteilungen Expertise und Vorarbeiten in Bereichen, die sich in das übergreifende Thema „Total Resilience“ einfügen. Es wird daher begrüßt, dass das IHP den Diskussionsprozess um die Verankerung dieses neuen Forschungsthemas systematisch vorantreiben möchte und dazu auch verschiedene Finanzierungsmöglichkeiten prüft, um ggf. zusätzlich erforderliche Mittel zu gewinnen.
2. Derzeit wird am IHP ein „NanoLab“ in Betrieb genommen. Dieses wird die BiCMOS-Pilotlinie um Möglichkeiten des *Postprocessing*, z. B. im Bereich Heterointegration, erweitern. Es sollte geprüft werden, ob das „NanoLab“ zu einem „Exploratory Lab“ ausgebaut werden kann. Dies wäre mit einem überschaubaren Mitteleinsatz zu erreichen und würde es ermöglichen, parallel zur etablierten CMOS-Fertigungslinie einfache Test-Samples zu fertigen, mit denen neue nanotechnologische Ansätze in einem frühen Stadium in einer realitätsnahen Umgebung analysiert werden können, bevor man mit der aufwändigen Übersetzung in die Silizium-Prozesslinie beginnt.

#### Teilbereiche des IHP (Kapitel 3)

3. Eine wichtige Weichenstellung wird die Neubesetzung der Leitung der Abteilung „Technology“ sein. Es ist angesichts des Umfangs der Arbeiten und der personellen

Größe der Abteilung gut nachzuvollziehen, dass zukünftig eine Doppelspitze vorgesehen ist. Die Stellenbesetzungsverfahren sollten wie geplant zügig vorangetrieben werden.

#### Personal- und Nachwuchsförderung (Kapitel 5)

4. Das IHP muss seine Anstrengungen weiter intensivieren, um den Frauenanteil am wissenschaftlichen Personal, insbesondere auf der Führungsebene, zu steigern. Dazu sollten in noch stärkerem Ausmaß qualifizierte Frauen, auch aus dem Ausland, aktiv angesprochen und zur Bewerbung auf offene Stellen ermutigt werden.
5. Für eine noch engere Vernetzung und abteilungsübergreifende Ausbildung aller Promovierenden des IHP wird empfohlen, ein institutsweites Doktorandenseminar einzurichten.
6. Auch die promovierten Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftler werden gut gefördert. Dabei ist es wichtig, dass allen Postdocs in der Qualifizierungsphase klar und individuell kommuniziert wird, ob und ggf. welche Perspektiven einer unbefristeten Beschäftigung bestehen.

## 2. Gesamtkonzept und Profil

### **Entwicklung der Einrichtung seit der letzten Evaluierung**

Das IHP forscht sehr erfolgreich auf dem Gebiet der Silizium-basierten Höchstfrequenz-Elektronik. Das vertikale Konzept, durch das die Forschung an Materialien, Technologien, Schaltungen und Systemen verbunden wird, überzeugt und zeichnet das Institut im nationalen und internationalen Vergleich aus. Das Institut zielt bei seinen Arbeiten in aller Regel darauf ab, Technologien und Systeme bis zur Anwendungsreife zu entwickeln. Dazu kooperiert es intensiv und sehr erfolgreich mit Industriepartnern. Eine zentrale Rolle spielt dabei der Reinraum mit der Pilotlinie des IHP, in der Prototypen und Kleinserien in höchster Qualität gefertigt werden können. Damit stellt das Institut seinen Partnern eine ausgezeichnete Infrastruktur zur Verfügung.

In den vergangenen Jahren hat das IHP sich sehr erfreulich entwickelt. Mehrere Wechsel in wissenschaftlichen Leitungspositionen wurden sehr gut bewältigt. Unter anderem musste der Wissenschaftlich-Technische Geschäftsführer im Herbst 2014 gesundheitsbedingt zurücktreten. Er ist inzwischen verstorben. Als Nachfolger wurde der damalige Leiter der Abteilung „Technology“ berufen. Er führte die strategische Arbeit seines Vorgängers nahtlos und hervorragend fort und verlieh dem Institut neue wichtige Impulse.

Seit der letzten Evaluierung wurde die Grundlagenforschung einer Empfehlung folgend verstärkt; das Forschungsprogramm wurde noch besser fokussiert, insbesondere auch mit Blick auf die Bezüge zwischen grundlagenwissenschaftlich ausgerichteten und anwendungsorientierten Arbeiten. Es besteht eine gute Mischung von einerseits wichtigen weiterführenden Arbeiten an etablierten Technologien und andererseits Forschungen mit großem Potenzial für grundlegend neue Erkenntnisse. Zu letzteren zählen etwa die Arbeiten zu Graphen und in der Silizium-Photonik. Inwieweit solche im besten Sinne risikoreichen Forschungen in neue Technologien münden werden, lässt sich naturge-

mäß nicht vorhersagen. Es ist jedoch ausgesprochen wichtig, auch neue Wege einzuschlagen und innovative Lösungen zu erproben, wie das IHP dies auf der Grundlage der vorhandenen Expertise gut überlegt macht.

Die Zusammenarbeit zwischen den vier Forschungsprogrammen wurde weiter intensiviert und ist nun sehr gut. Auch die Kooperation mit universitären Partnern wurde ausgebaut, insbesondere durch die Gründung von *Joint Labs* (vgl. Kapitel 4).

### **Arbeitsergebnisse**

Die Forschungsergebnisse sind sowohl quantitativ als auch qualitativ sehr gut und werden regelmäßig international sichtbar veröffentlicht. Die Bandbreite von Themen und Anwendungen, zu denen neue Erkenntnisse erzielt wurden, ist beachtlich (vgl. im Einzelnen Kapitel 3). Dies spiegelt sich u. a. auch in der deutlich gestiegenen Anzahl von DFG-Projekten wider. Das Publikationskonzept ist überzeugend, das Portfolio von verschiedenen Veröffentlichungsformen stimmig: Je nach Fachgebiet liegt der Schwerpunkt stärker auf referierten Zeitschriften, z. B. in der Materialforschung, oder auf Beiträgen zu Konferenzen, z. B. in der Technologieforschung und im Schaltungsdesign. Es ist positiv, dass das Institut über eine interne Liste von angesehenen Fachzeitschriften und Konferenzen verfügt, für die in besonderem Maß Veröffentlichungen angestrebt werden.

Die Anmeldung von Patenten zu Ergebnissen aus Forschung und Entwicklung ist für das IHP von großer Bedeutung. Es ist daher wichtig und richtig, dass die Ergebnisse systematisch vor der Veröffentlichung auf ihre Patentfähigkeit hin überprüft werden. Ebenfalls ist es sehr gut, dass die Regelungen zur Patentierung von Ergebnissen bei gemeinsamen Projekten mit Industriepartnern bereits im Vorfeld klar vereinbart werden.

Mit der Bereitstellung ihrer Expertise und Fertigungsinfrastruktur in der institutseigenen Pilotlinie bietet das IHP externen Nutzerinnen und Nutzern, insbesondere aus der Industrie, einen außerordentlich wichtigen Service an. Die Möglichkeit, Prototypen und Kleinserien in höchster Qualität und mit der breiten Expertise fertigen zu lassen, wie sie das IHP über das vertikale Konzept besitzt, gibt es sonst in vergleichbarer Form in Deutschland nicht. Das Ausmaß dieser Serviceleistungen steht in einem guten Verhältnis zu den eigenen Forschungsarbeiten und erscheint angemessen vergütet.

Im Wissens- und Technologietransfer ist das IHP sehr aktiv. Es wird begrüßt, dass ein institutsspezifisches Verwertungskonzept erstellt wurde. Einige vor mehreren Jahren erfolgte Ausgründungen des Instituts konnten sich erfolgreich auf dem Markt behaupten und führten zur Schaffung von neuen Arbeitsplätzen für hochqualifizierte Fachkräfte in der Region. Derzeit werden weitere mögliche Ausgründungen und Überführungen von Technologien geprüft, beispielsweise der Heterobipolartransistor-Technologie oder der vollständigen am IHP entwickelten SiGe-BiCMOS-Technologie. Mit der im August 2015 gegründeten IHP Solutions GmbH, einer hundertprozentigen Tochter des Instituts, existiert nun eine hervorragende Struktur für den Brückenschlag zwischen Forschung und unternehmerischer Tätigkeit. Zu letzterer wird neben Ausgründungen und anderen Formen des Technologietransfers auch die wichtige Gestaltung und Pflege von Kundenbeziehungen gehören.

Das IHP engagiert sich für die Fachgemeinschaft durch die regelmäßige Organisation und Ausrichtung von wissenschaftlichen Veranstaltungen. Durch eine effektive Öffentlichkeitsarbeit werden Interessierte auf verschiedenen Ebenen – von Schülerinnen und Schülern über politische Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger und interessierte Laien bis hin zu potenziellen Nutzerinnen und Nutzern der Serviceangebote – zielgerichtet informiert.

### **Strategische Arbeitsplanung für die nächsten Jahre**

Das IHP ist in einer hervorragenden Ausgangslage, um die erfolgreichen Arbeiten in den kommenden Jahren fortzuführen und weiter auszubauen. Es ist überzeugend, dass das Institut weiterhin nicht auf höchstskalierte CMOS-Technologien setzen möchte, sondern konsequent eine selektive „More-than-Moore-Strategie“ verfolgt. Als vier strategische Forschungsziele, die von allen Abteilungen getragen werden, wurden die Entwicklung von drahtlosen Netzwerken mit 100 Gigabit pro Sekunde, von sicheren und energieautarken drahtlosen Sensornetzen, von Terahertz-Lab-on-Chip sowie von integrierten Silizium-photonischen Terabit-Systemen formuliert. Damit baut das IHP sehr gut auf den vorangegangenen Forschungsergebnissen auf und visiert eine gute Mischung aus Projekten in etablierten Forschungsbereichen und explorativen Arbeiten mit größerem Risiko bezüglich der Umsetzbarkeit, aber großem Potenzial an. Es ist auch gut, dass neue Konzepte für Packaging entwickelt werden sollen. Dabei ist es die richtige Strategie, dies in Kooperation mit externen Partnern wie z. B. dem Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration (IZM) zu verfolgen.

**Ein wichtiges Element der strategischen Planung ist das Thema „Total Resilience“. Die Frage, wie Systeme und Komponenten beschaffen sein müssen, um die größtmögliche Widerstandsfähigkeit gegenüber Parameterveränderungen auf verschiedenen Ebenen zu gewährleisten, ist bereits jetzt von großer Bedeutung. Sie wird in Zukunft, wenn z. B. durch Heterointegration verschiedener Technologien immer komplexere Systeme entwickelt werden, eine noch größere Rolle spielen. Das IHP ist aufgrund seines vertikalen Konzepts prädestiniert und hervorragend aufgestellt, um diese Problematik ganzheitlich in den Blick zu nehmen. Es gibt bereits in allen Abteilungen Expertise und Vorarbeiten in Bereichen, die sich in das übergreifende Thema „Total Resilience“ einfügen. Auf der Materialebene werden z. B. Metrologie und innovative Konzepte zu Speicherzellen, deren Zustand durch den Wert eines Widerstands definiert ist (Resistive RAM=RRAM) eine Rolle spielen; in der Technologieentwicklung ist der Schutz von Komponenten ein wichtiges Thema; beim Circuit Design sind integrierte Online-Tests u. a. zur Detektion von Angriffen von Bedeutung; auf der Systemebene müssen die Sicherheit, Zuverlässigkeit und Operationsfähigkeit von sensiblen Anwendungen auch unter schwierigen Bedingungen gewährleistet werden, beispielsweise durch Implementierung von Redundanzen und systemische Flexibilität. Es wird daher begrüßt, dass das IHP den Diskussionsprozess um die Verankerung dieses neuen Forschungsthemas systematisch vorantreiben möchte und dazu auch verschiedene Finanzierungsmöglichkeiten prüft, um ggf. zusätzlich erforderliche Mittel zu gewinnen.**

**Derzeit wird am IHP ein „NanoLab“ in Betrieb genommen. Dieses wird die BiCMOS-Pilotlinie um Möglichkeiten des *Postprocessing*, z. B. im Bereich Heterointegration, erweitern. Es sollte geprüft werden, ob das NanoLab zu einem „Exploratory Lab“ ausgebaut werden kann. Dies wäre mit einem überschaubaren Mitteleinsatz zu erreichen und würde es ermöglichen, parallel zur etablierten CMOS-Fertigungslinie einfache Test-Samples zu fertigen, mit denen neue nanotechnologische Ansätze in einem frühen Stadium in einer realitätsnahen Umgebung analysiert werden können, bevor man mit der aufwändigen Übersetzung in die Silizium-Prozesslinie beginnt.**

### **Angemessenheit der Ausstattung**

Die Ausstattung mit Mitteln der institutionellen Förderung ist zur Erfüllung des Aufgabenspektrums des IHP auskömmlich. Die räumliche Ausstattung ist hervorragend. Dabei sind die Ausstattung und der Betrieb des Reinraums mit der institutseigenen Pilotlinie von zentraler Bedeutung. Die Geräteausstattung ist ebenfalls sehr gut. Es wird begrüßt, dass es dem Institut in den vergangenen Jahren gelungen ist, die erforderlichen Investitionsmittel durch verschiedene Sonderfinanzierungen zu akquirieren. Mit der Verstärkung eines Sondertatbestands wird der Investitionshaushalt in Zukunft auskömmlich sein. Die Personalausstattung ist für die derzeitigen Aufgaben angemessen.

Bei der Einwerbung von Drittmitteln war das IHP in den letzten Jahren sehr erfolgreich: Etwa 40 % der insgesamt verfügbaren Mittel stammten aus Zuwendungen zu Projektfinanzierungen und aus Erträgen für Leistungen. Das Portfolio von Mittelgebern ist ausgewogen. Das Institut sollte die personelle Entwicklung einiger seiner Leistungsträger gezielt fördern und sie ermutigen, sich um ERC Grants zu bemühen.

### **3. Teilbereiche des IHP**

Forschungsprogramm „Drahtlose Systeme und Anwendungen“ (47,8 Vollzeitäquivalente [VZÄ], davon 27,0 VZÄ in Forschung und wiss. Dienstleistungen, 11,8 VZÄ Promovierende, 9,0 VZÄ im Servicebereich)

Dieses Forschungsprogramm (FP) konzentriert sich auf die drahtlose Kommunikation bei hohen Datenraten (100 Gigabit pro Sekunde), sichere Sensornetzwerke sowie das Design von Schaltungen und Systemen. Bei den Entwicklungen, überwiegend im Software-Bereich, stehen verschiedene konkrete Anwendungen im Zentrum.

Die Arbeiten zur drahtlosen Kommunikation bei hohen Datenraten sind von hoher Qualität. Sehr effektiv ist dabei die Zusammenarbeit mit der Humboldt-Universität zu Berlin im Rahmen eines *Joint Lab*. Die Kombination von Kommunikation mit Abstandsmessung („Ranging“) ist innovativ und ermöglicht vielversprechende Einsatzmöglichkeiten zum Beispiel im Automobilbereich.

Für sichere Sensornetzwerke konnte die erfolgreiche Umsetzung eines Netzwerks mit 47 Sensorknoten demonstriert werden, das eigenständig auf den Ausfall einzelner Knoten reagieren kann, indem die Kommunikationswege flexibel an die veränderte Architektur des Netzwerks angepasst werden. Für derartige Systeme gibt es zahlreiche inte-

ressante Anwendungsgebiete. Daher werden die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ermutigt, die Ergebnisse noch offensiver einem größeren Kreis potenzieller Nutzer zu präsentieren. Sehr gute Fortschritte konnten im wichtigen Bereich der Telemedizin erzielt werden, in dem insbesondere manipulationssichere Komponenten von großer Bedeutung sind. Erfolgreich wurden einige Projekte in Zusammenarbeit mit Kliniken und Rehabilitationszentren durchgeführt.

Auch die Forschungsarbeiten im Schaltungs- und Systemdesign sind sehr gut, beispielsweise die Methoden zur Reduzierung des Eigenrauschens oder die Arbeiten zu zuverlässigen Schaltungen unter hohen Strahlenbelastungen. Beeindruckend ist, dass der Aspekt der Sicherheit schon in der Designphase konsequent auf allen Ebenen – vom Material bis zum System – berücksichtigt wird: Hier kommt die Stärke des vertikalen Konzepts des IHP beispielhaft zum Tragen.

Die Publikationsleistung dieses FP ist sehr gut, das Portfolio von Veröffentlichungen (z. B. in referierten Fachzeitschriften oder in Konferenzbeiträgen) angemessen. Die Drittmittelinwerbung ist ebenfalls sehr gut.

Die enge Anbindung des FP an Hochschulen führt unter anderem zu einer erfreulich hohen Anzahl von Promotionen. Auch mit Industriepartnern wird erfolgreich zusammengearbeitet.

Insgesamt werden die Leistungen dieses FP als „sehr gut“ bewertet.

Forschungsprogramm „Hochfrequenz-Schaltkreise“ (23,0 Vollzeitäquivalente [VZÄ], davon 8,0 VZÄ in Forschung und wiss. Dienstleistungen, 12,0 VZÄ Promovierende, 3,0 VZÄ im Servicebereich)

Dieses Forschungsprogramm (FP) konzentriert sich auf Hochfrequenz-Sensoren, schnelle Schaltungen für Kommunikation sowie energieeffiziente Schaltungen und Systeme. Damit werden alle relevanten Gebiete abgedeckt. Die enge Zusammenarbeit von Beschäftigten aus den traditionell häufig getrennten Bereichen Design und Technologie kommt hier sehr gut zur Geltung und trägt maßgeblich zum hohen Niveau der Arbeiten bei.

In der Forschung zu Hochfrequenz-Sensoren wurden in den vergangenen Jahren sehr gute Erfolge erzielt, beispielsweise mit der Realisierung eines Radars mit selbstentwickelten Antennen auf Basis von MEMS-Technologien (Mikro-Elektromechanische Systeme) in Zusammenarbeit mit Unternehmen. Im Bereich der Gasspektroskopie eröffnen sich interessante Anwendungsmöglichkeiten, z. B. in der Atemluftanalyse oder der Detektion toxischer Gase. Da diese Arbeiten bei sehr niedrigen Drücken durchgeführt werden müssen, ist ein relativ großer Aufwand erforderlich, und Analysen in Echtzeit sind derzeit noch nicht realisierbar. Diese Randbedingungen muss das IHP bei den strategischen Planungen und bei der Ergänzung der Anwendungsgebiete berücksichtigen. Die weiteren Ziele der Gruppe, die Realisierung von Sende- und Empfangsschaltungen bis zu einem Terahertz und insbesondere die Entwicklung eines integrierten Terahertz-Lab-on-Chip, sind ambitioniert; es bestehen gute Aussichten, diese Ziele mittelfristig zu erreichen.

Bei den Arbeiten zu Umwandlern und photonischen Schaltungen wurden sehr gute Fortschritte erzielt. Hervorzuheben sind die innovativen Entwicklungsarbeiten von Transceivern. Die Voraussetzungen, drahtlose Nahbereichs-Schaltungen und Kommunikations-Front-Ends für Datenraten bis 100 Gigabit pro Sekunde zu entwickeln, sind sehr gut. Im Bereich der energieeffizienten Schaltungen und Systeme konnten erfolgreich Fortschritte erzielt werden, etwa bei der Entwicklung von Wake-Up-Receivern. Innovativ ist das Verfahren zur UWB-Lokalisierung, das für verschiedene Anwendungskontexte relevant werden kann. Bei den Arbeiten zu verbrauchsarmen Schaltungen auf SiGe-C-Basis sollte konsequent hinterfragt werden, ob für konkrete Anwendungen nicht andere Technologien (verbrauchsarme CMOS-Technologien) effizienter sind.

In diesem FP konnte auch während einer längeren Vakanz der Leitungsstelle ein erfreulich hohes Leistungsniveau gehalten werden, sowohl in Bezug auf die Publikationsleistung als auch bei der Einwerbung von Drittmitteln für Forschungsprojekte.

Die Anzahl von Promotionen war in den letzten Jahren relativ gering. Nach der Neubesetzung der Leitungsstelle, die in gemeinsamer Berufung mit der Technischen Universität Berlin erfolgte, ist jedoch ein sehr positiver Trend zu verzeichnen, und es kann in den kommenden Jahren eine weitere deutliche Steigerung erwartet werden.

Insgesamt werden die Leistungen dieses FP als „sehr gut“ bewertet.

Forschungsprogramm „Technologieplattform für drahtlose und Breitbandkommunikation“ (126,95 Vollzeitäquivalente [VZÄ], davon 39,75 VZÄ in Forschung und wiss. Dienstleistungen, 8,0 VZÄ Promovierende, 79,2 VZÄ im Servicebereich)

Dieses Forschungsprogramm (FP) konzentriert sich auf die Entwicklung von SiGe-Heterobipolartransistoren für Terahertz-Frequenzen, einer Germanium-Photodiode sowie elektromechanischer Hochfrequenzschalter. Neu aufgenommen wurde das Thema der Heterointegration. Grundlage der außerordentlich erfolgreichen Arbeiten ist die 130nm-BiCMOS-Technologie mit schnellen Heterobipolartransistoren (HBT).

Die SiGe-HBT, die erfolgreich in eine vollständige BiCMOS-Technologie überführt wurden, sind eins der großen Aushängeschilder des IHP. Das Institut hat auf diesem Gebiet seit Jahren die weltweite Vorreiterrolle inne, die Entwicklungen sind auf Spitzenniveau. Das EU-Projekt Dotfive mit dem Ziel der Entwicklung von SiGe-HBT mit 500 Gigahertz ist abgeschlossen; mittlerweile läuft das Nachfolgeprojekt Dotseven. Die Technologie ist ausgereift, ein Übergang in die Serienproduktion prinzipiell möglich. In Bezug auf die Grenzfrequenzen besteht sogar noch weiteres Potenzial. Das ausgegebene Ziel der Erreichung der Terahertz-Grenze ist wichtig, um sowohl die institutseigenen Anwendungen voranzutreiben als auch das Interesse der Industrie an der Technologie zu steigern.

Die Entwicklung der Ge-Photodiode ist ebenfalls auf weltweit höchstem Niveau. Es gelang, die Diode in komplette Front-Ends zu integrieren; die erreichten Frequenzen stellen derzeit Weltrekorde dar. Die Effizienz der Diode ist beachtlich, in Bezug auf die Materialqualität besteht sogar noch weiteres Verbesserungspotenzial. Mit diesen Arbeiten leistet das IHP wichtige Beiträge im Bereich der Silizium-Photonik.

Auch im Bereich der Hochfrequenzschalter konnten hervorragende Erfolge erreicht werden. Die Kombination von hoher Frequenz und Versiegelung auf Waferlevel, die ein günstiges Packaging ermöglicht, mit der CMOS-Integration im Back-End ist einzigartig.

Bei der Forschung zu heterogenen Integrationskonzepten wurde sehr gut mit dem Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik (FBH) kooperiert. Die III/V-Technologie des FBH (auf der Basis von Indiumphosphid) wurde erfolgreich mit der SiGe-Technologie des IHP verbunden. Diese Ansätze sollten wie vom Institut geplant in Zukunft weiterverfolgt und ausgebaut werden.

Die Publikationsleistung in diesem FP ist ausgezeichnet. Auch die Einwerbung von Drittmitteln für Forschungsprojekte ist hervorragend.

Neben den Forschungsarbeiten wird durch dieses FP auch der Reinraum mit der eigenen Pilotlinie betrieben. Sie ist nicht nur für die institutseigene Forschung und Entwicklung wesentlich, sondern wird auch von externen Nutzern regelmäßig in Anspruch genommen. Insbesondere die Möglichkeit der Fertigung von Kleinserien ist dabei von größter Bedeutung. Die vom IHP angebotenen Leistungen sind von höchster Qualität, der Service ist professionell.

Insgesamt werden die Leistungen dieses FP als „exzellent“ bewertet. **Eine wichtige Weichenstellung wird die Neubesetzung der Leitung der Abteilung „Technology“ sein. Es ist angesichts des Umfangs der Arbeiten und der personellen Größe der Abteilung gut nachzuvollziehen, dass zukünftig eine Doppelspitze vorgesehen ist. Die Stellenbesetzungsverfahren sollten wie geplant zügig vorangetrieben werden.**

Forschungsprogramm „Materialien für die Mikro- und Nanoelektronik“ (27,0 Vollzeit-äquivalente [VZÄ], davon 22,5 VZÄ in Forschung und wiss. Dienstleistungen, 1,75 VZÄ Promovierende, 2,75 VZÄ im Servicebereich)

In diesem Forschungsprogramm (FP) werden innovative Materialien mit dem Ziel der Integration von Bauteilen und Modulen in Silizium-Technologien des Instituts entwickelt. Schwerpunkte sind die Forschung zu Graphen, die Entwicklung Germanium-basierter Laser für eine integrierte Silizium-Photonik sowie die Entwicklung nicht-flüchtiger RRAM-Speicher auf Hafniumdioxid-Basis.

In der Forschung zu Graphen wird von der Synthese bis zur Entwicklung von Terahertz-Bauelementen eine große Bandbreite abgedeckt. Mit diesen Arbeiten ist das IHP in einem hochrisikobehafteten Bereich aktiv: Derzeit ist noch nicht abzusehen, ob sich ganze Systeme auf Graphen-Basis realisieren lassen werden. Sollte dies mittel- bis langfristig gelingen, würde dies jedoch einen Durchbruch für die internationale Mikroelektronikforschung bedeuten. Mit der erfolgreichen Entwicklung des Graphen-Basis-Transistors (GBT), die in den letzten Jahren berechtigterweise im Zentrum stand, wurden wichtige Grundlagen gelegt. Bei den zukünftigen Arbeiten sollte das Institut sich nicht nur auf die Weiterentwicklung des GBT konzentrieren, sondern Fragen in den Vordergrund stellen, die auf einer allgemeineren Ebene von großem Interesse sind, wie z. B. zur Abscheidung von Dielektrika, Wachstum, Kontaktherstellung oder Passivierung.

Bei der Entwicklung Si-CMOS-kompatibler Laser auf Germanium-Basis konnten große Fortschritte erzielt werden, beispielsweise im Hinblick auf Defektdichten. Die Ziele der

Gruppe sind gut durchdacht. Es ist richtig, auf Themen wie etwa die Durchstimbarkeit der Wellenlängen oder Integrierbarkeit zu setzen, da Germanium-basierte Laser in Bezug auf die reine Leistungsfähigkeit nicht mit III/V-Technologien konkurrieren können. Da sie jedoch erheblich kostengünstiger als letztere sind, ergibt sich ein großes Potenzial für verschiedene Anwendungen, bei denen die Grenzfrequenz kein kritischer Faktor ist.

Bei den explorativen Arbeiten zu Hafniumdioxid-basierten RRAM-Speichern wurden sehr gute Analysen durchgeführt und erste Ergebnisse erzielt. In Zukunft könnte das Thema im Rahmen einer stärkeren Ausrichtung hin zu Sicherheitsaspekten eine wichtige Rolle spielen. Die Forschungsarbeiten unterscheiden sich in ihrer Schwerpunktsetzung von ähnlichen Projekten an der RWTH Aachen und am Forschungszentrum Jülich. Die Abstimmung mit diesen Einrichtungen im Rahmen der bestehenden Kontakte sollte weiterhin gut im Blick behalten werden.

Die Publikationsleistung in diesem FP ist sehr gut; insbesondere zum GBT, aber z. B. auch zum Germanium-basierten Laser gab es zahlreiche viel beachtete Veröffentlichungen. Auch die Einwerbung von Drittmitteln für Forschungsprojekte ist auf einem hohen Niveau. Durch die sehr gute Kooperation mit Industriepartnern werden erhebliche Mittel aus der Wirtschaft akquiriert.

Insgesamt werden die Leistungen dieses FP als „sehr gut“ bewertet.

## 4. Kooperation und Vernetzung

### **Institutionelle Kooperationen mit Hochschulen**

Das IHP kooperiert hervorragend und zum gegenseitigen Nutzen mit verschiedenen Hochschulen. So sind derzeit sieben leitende Wissenschaftler gemeinsam berufen (vgl. Darstellungsbericht S. A19f.) und engagieren sich entsprechend an den jeweiligen Hochschulen in Lehre und wissenschaftlicher Selbstverwaltung. Zwei mit der Leitung einer Arbeitsgruppe bzw. eines *Joint Lab* (s. u.) verbundene gemeinsame Professuren (mit der Technischen Universität Berlin und der Universität Potsdam) sind ausgeschrieben, zwei weitere gemeinsame Professuren, die mit der geteilten Leitung der Abteilung „Technology“ verbunden sein sollen, werden derzeit vorbereitet. Es ist positiv, dass das Institut für die Finanzierung dieser Stellen im Rahmen der institutionellen Förderung Vorsorge getroffen hat.

Eine weitere Form der strategischen Zusammenarbeit mit Hochschulen sind die *Joint Labs*. Diese haben sich als hervorragendes Instrument erwiesen, um die Expertise aus dem universitären Umfeld in das IHP einzubinden und den größtmöglichen Nutzen aus der technischen Ausstattung des Instituts zu ziehen. Abgesehen von einer in der Regel geringen Grundausstattung und möglichen Anschubfinanzierungen tragen die *Joint Labs* sich im Wesentlichen über eingeworbene Drittmittel für gemeinsame Forschungsprojekte. Die Kooperation im Rahmen von *Joint Labs* wurde in den vergangenen Jahren ausgeweitet, wie bei der letzten Evaluierung empfohlen: Gab es vor sieben Jahren noch lediglich zwei, sind es mittlerweile acht. Dabei orientierte sich dieser Ausbau an den strategischen Zielen des Instituts, und vor Kurzem wurde auch ein *Joint Lab* geschlossen, nachdem seine inhaltliche Ausrichtung nicht länger mit den Forschungsschwerpunkten des

IHP kongruent war. Diese Dynamik sollte auch in Zukunft beibehalten und mit Hilfe von klaren Evaluationsmechanismen gesteuert werden. Es könnte erwogen werden, das erfolgreiche Modell der *Joint Labs* auch für Arbeitsgruppen zu öffnen, die nicht am IHP, sondern z. B. an der kooperierenden Hochschule lokalisiert sind.

Über seine *Joint Labs* ist das IHP u. a. auch am DFG-Sonderforschungsbereich 787 („Halbleiter – Nanophotonik: Materialien, Modelle, Bauelemente“), am DFG-Graduiertenkolleg METRIK („Modellbasierte Entwicklung von Technologien für selbstorganisierende dezentrale Informationssysteme im Katastrophenmanagement“) sowie an der *Helmholtz Research School on Security Technologies* beteiligt. Das DFG-Schwerpunktprogramm „Drahtlose Ultrahochgeschwindigkeitskommunikation für den mobilen Internetzugang“ (SPP 1655) wird vom Leiter des Forschungsprogramms „Drahtlose Systeme und Anwendungen“ koordiniert. Das IHP ist mit drei Projekten an diesem Programm beteiligt.

### **Institutionelle Kooperation mit anderen wissenschaftlichen Einrichtungen im In- und Ausland**

Das IHP ist sehr gut innerhalb der Leibniz-Gemeinschaft vernetzt, u. a. im Rahmen verschiedener Forschungsverbände. Herauszuheben ist die enge Kooperation mit dem Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik (FBH) in Berlin, die auf die Integration der III/V-Technologie des FBH in die Silizium-basierte Umgebung des IHP abzielt. Auch mit anderen außeruniversitären Forschungseinrichtungen, insbesondere der Fraunhofer-Gesellschaft, kooperiert das IHP intensiv und erfolgreich.

Es ist erfreulich, dass das Engagement auf europäischer Ebene empfehlungsgemäß erheblich intensiviert wurde. Die Beteiligung des IHP an zahlreichen EU-Projekten, in sieben davon in koordinierender Rolle, zeigt die nun sehr gute Vernetzung und die hohe Wertschätzung der Kooperationspartner.

Vor Kurzem wurde in Warschau (Polen) das CEZAMAT (*Centrum Zaawansowanych Materiałów i Technologii*; Zentrum für neue Werkstoffe und Technologien) gegründet, dessen umfassendes Zentrallabor für Forschung in den Bereichen Biotechnologie, Nanotechnologie, Halbleiter und Mikrosysteme sich derzeit im Bau befindet. Das IHP sollte prüfen, ob es zu den dortigen Arbeiten Anknüpfungspunkte gibt, und ggf. Möglichkeiten der Zusammenarbeit eruieren.

### **Kooperationen mit Industriepartnern**

Die Kooperation mit Industriepartnern ist ein integraler Bestandteil der strategischen Ausrichtung des IHP: Ziel ist es, die entwickelten Technologien und Anwendungen zügig in die Praxis zu überführen. Dies gelingt über die gesamte Wertschöpfungskette sehr gut. Die Bandbreite von Themen, die gemeinsam mit Unternehmen bearbeitet werden, reicht von der Materialentwicklung und -charakterisierung über die Entwicklung von Sensoren und Messtechnik, die monolithische Integration von Schaltern und die Entwicklung von ASICs (*application-specific integrated circuits*) bis zu drahtlosen Sensornetzwerken.

Von großer Bedeutung für die Industriepartner ist die Möglichkeit, in Zusammenarbeit mit dem IHP Technologien zu entwickeln und insbesondere Prototypen und Kleinserien

in der IHP-eigenen Pilotlinie zu fertigen. Die Flexibilität dieser Prozesse und die anerkannte exzellente Qualität der Produkte haben dazu geführt, dass sich viele Unternehmen seit Jahren auf diese vom IHP angebotene Infrastruktur stützen. Die hohe Wertschätzung der IHP-Arbeiten wurde auch im Gespräch der Bewertungsgruppe mit Partnern aus der Industrie deutlich.

Über den Service im Rahmen der Pilotlinie hinaus werden gemeinsame Forschungs- und Entwicklungsarbeiten durchgeführt, die regelmäßig in gemeinsamen Veröffentlichungen münden. Es hat sich sehr bewährt, dass für die strategische Vorgehensweise bei der Anmeldung von Patenten und die Verwertung von Eigentumsrechten bereits im Vorfeld klare Vereinbarungen zwischen den jeweiligen Partnern getroffen werden.

## **5. Personal- und Nachwuchsförderung**

### **Personalentwicklung und -struktur**

Die Personalstruktur des IHP (vgl. Darstellung S. A-18ff.) ist zur Erfüllung seiner Aufgaben angemessen. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sind hoch motiviert. In den Gesprächen während des Evaluierungsbesuchs wurde die hohe Arbeitszufriedenheit und Identifikation der Beschäftigten mit dem Institut und seinen Zielen deutlich. Die Integration von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern aus zahlreichen verschiedenen Ländern gelingt sehr gut, nicht zuletzt auch aufgrund von Unterstützung z. B. durch Sprachkurse sowohl in Deutsch als auch in Englisch.

In den vergangenen Jahren erfolgten mehrere Wechsel auf der Leitungsebene. Diese wurden sehr gut bewältigt. Insbesondere die Berufung des vorherigen Leiters der Abteilung „Technology“ zum neuen Wissenschaftlich-Technischen Geschäftsführer nach dem gesundheitlich bedingt notwendigen Rücktritt seines Vorgängers im Jahr 2014 hat sich als hervorragende Lösung erwiesen: Er führte die Leitungsaufgaben und die strategische Weiterentwicklung des Instituts ebenso hervorragend weiter. Weitere Wechsel, wie beispielsweise die Neubesetzung der Leitung der Abteilung „Technology“ und die noch vor der nächsten Evaluierung des IHP anstehende Neubesetzung der Stelle des Wissenschaftlich-Technischen Geschäftsführers, werden sehr gut und zeitig vorbereitet.

Um eventuelle Schwierigkeiten bei der Gewinnung von hochqualifiziertem Personal zu vermeiden, könnte erwogen werden, ein Alumni-Netzwerk aufzubauen, nicht zuletzt um ehemalige Beschäftigte des IHP nach einer mehrjährigen Tätigkeit an anderen Einrichtungen ggf. wiedergewinnen zu können.

### **Förderung der Gleichstellung der Geschlechter und Vereinbarkeit von Familie und Beruf**

Es wird begrüßt, dass Fragen der Vereinbarkeit von Beruf und Familie und der Chancengleichheit eine wichtige Rolle am IHP spielen. Die implementierten Maßnahmen sind zielführend, und es ist erfreulich, dass das Institut sowohl 2010 als auch 2013 mit dem Prädikat „TOTAL E-QUALITY“ ausgezeichnet wurde.

Ende 2014 waren etwa ein Viertel der Promovierenden Frauen, ein für die für das IHP relevanten Fachgebiete beachtlich hoher Anteil. Von den übrigen wissenschaftlich Be-

schäftigten ohne Leitungsaufgaben betrug der Frauenanteil etwa ein Achtel. Von den 22 wissenschaftlichen Leitungspositionen war keine einzige mit einer Frau besetzt. **Das IHP muss seine Anstrengungen weiter intensivieren, um den Frauenanteil beim wissenschaftlichen Personal, insbesondere auf der Führungsebene, zu steigern. Dazu sollten in noch stärkerem Ausmaß qualifizierte Frauen, auch aus dem Ausland, aktiv angesprochen und zur Bewerbung auf offene Stellen ermutigt werden.**

### **Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses**

Das IHP engagiert sich sehr in der Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses auf allen Ebenen. Es ist weitsichtig, dass das Institut bereits bei Schülerinnen und Schülern ansetzt, um das Interesse für technisch-informatische Fächer zu wecken. Auch für Studierende gibt es zahlreiche Angebote, von Praktika über Sommerschulen bis hin zur Möglichkeit, Abschlussarbeiten durchzuführen.

Die Promovierenden werden sehr gut betreut. Zwar gibt es kein übergreifendes Graduiertenprogramm für alle Promovierenden, doch wird der Bedarf an Weiterbildung individuell festgestellt, und es werden entsprechende zielführende Maßnahmen in den Blick genommen. Dabei können auch Angebote der Graduiertenschulen von kooperierenden Hochschulen genutzt werden. **Für eine noch engere Vernetzung und abteilungsübergreifende Ausbildung aller Promovierenden des IHP wird empfohlen, ein institutsweites Doktorandenseminar einzurichten.**

**Auch die promovierten Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftler werden gut gefördert. Dabei ist es wichtig, dass allen Postdocs in der Qualifizierungsphase klar und individuell kommuniziert wird, ob und ggf. welche Perspektiven einer unbefristeten Beschäftigung bestehen.** Das Verhältnis von unbefristeten zu befristeten Stellen im wissenschaftlichen Bereich am IHP ist angemessen, um eine gute Balance zwischen Flexibilität und Kontinuität in Bezug auf die am Institut vorhandene Expertise zu gewährleisten. Dies bedeutet naturgemäß, dass ein erheblicher Anteil des wissenschaftlichen Nachwuchses nach erfolgreicher Qualifikation Beschäftigungsmöglichkeiten an anderen Einrichtungen in den Blick nehmen muss.

### **Berufliche Qualifizierung der nicht-wissenschaftlich Beschäftigten**

Die Aus- und Fortbildungsmaßnahmen für die nicht-wissenschaftlich Beschäftigten sind sehr gut und tragen zur hohen Kompetenz und Motivation des Personals bei. Es wird begrüßt, dass sich das IHP sehr stark in der Berufsausbildung engagiert: Insgesamt werden 17 Ausbildungsplätze in acht Berufen angeboten. Dies ist für die Region von großer Bedeutung.

## **6. Qualitätssicherung**

### **Internes Qualitätsmanagement**

Die Maßnahmen und Prozesse zur Sicherung der Qualität der wissenschaftlichen Arbeit am IHP sind hervorragend; das Qualitätsmanagement ist seit 1999 nach DIN EN ISO 9001 zertifiziert. Die Entwicklung des Forschungsprogramms wird in enger und kollegi-

aler Abstimmung aller Abteilungen erstellt. Die Mittelverteilung ist transparent und orientiert sich an den übergreifenden strategischen Zielen des Instituts.

Die Verwaltung unterstützt die Umsetzung der wissenschaftlichen Vorhaben des IHP in hervorragender Weise, ist bestens organisiert und sehr serviceorientiert. Projekte wie die Gründung der IHP Solutions GmbH wären ohne die engagierte und kompetente Mitwirkung des administrativen Geschäftsführers nicht möglich gewesen.

### **Qualitätsmanagement durch Wissenschaftlichen Beirat und Aufsichtsgremium**

Der Wissenschaftliche Beirat bringt sich im Rahmen der regelmäßig stattfindenden Zusammenkünfte und Audits erfolgreich in das Qualitätsmanagement des IHP ein. Als Aufsichtsgremium nimmt der Aufsichtsrat seine Aufgaben sehr gut und engagiert wahr.

Den Vorgaben der AV-WGL<sup>1</sup> gemäß sollen Beschlüsse zu Fragen von forschungs- und wissenschaftspolitischer Bedeutung, mit erheblichen finanziellen Auswirkungen oder in Bezug auf das Leitungspersonal nicht gegen die Stimmen der Landes- oder Bundesvertretungen im Aufsichtsgremium gefasst werden können. Auch wenn diese Regelungen zu einem großen Teil im derzeitigen Gesellschaftsvertrag des IHP sinngemäß verankert sind, ist aus Sicht der Vertretungen von Bund und Ländern in der Bewertungsgruppe der Gesellschaftsvertrag diesbezüglich an den Wortlaut der AV-WGL anzupassen.

### **Umsetzungen der Empfehlungen der letzten Evaluierung**

Die Empfehlungen des Senats der Leibniz-Gemeinschaft aus dem Jahr 2008 (vgl. Darstellungsbericht S. A-22f.) setzte das IHP, auch nach Einschätzung des Wissenschaftlichen Beirats, ganz überwiegend erfolgreich um. In einem Fall (Nr. 9) entschied sich das Institut gut begründet, eine Empfehlung nicht umzusetzen. Die Empfehlung, auch Frauen für Führungspositionen zu gewinnen (Nr. 11), bleibt bestehen:

- (1) Das IHP hat eine ambitionierte Forschungsstrategie unter Berücksichtigung aktueller Trends formuliert.
- (2) Die Grundlagenforschung wurde gestärkt. Die Verzahnung der Arbeiten in den vier Forschungsprogrammen bzw. Abteilungen ist sehr gut. Die Kooperation im Rahmen von *Joint Labs* wurde erheblich ausgeweitet.
- (3) Zu speziellen Forschungsthemen wurden gezielt Kooperationen etabliert. Das IHP engagiert sich in Netzwerken regelmäßig auch in leitender Funktion.
- (4) Die Kooperation mit Industriepartnern ist hervorragend. Die Serviceleistungen erscheinen angemessen vergütet. Eine übergreifende Marketingstrategie wird derzeit ausgearbeitet.
- (5) Zur weiteren Beförderung von Ausgründungen wurde im August 2015 die IHP Solutions GmbH gegründet, durch die auch Aktivitäten in Marketing und Kundenkontaktpflege übernommen werden können.
- (6) Solartechnik wurde empfehlungsgemäß kein Forschungsschwerpunkt des IHP.

---

<sup>1</sup> Ausführungsvereinbarung zum GWK-Abkommen über die gemeinsame Förderung der Mitgliedseinrichtungen der Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz e. V.

- (7) Das Verwaltungspersonal wurde um eine Stelle erweitert.
- (8) Insbesondere durch eingeworbene EU-Mittel und einen Sondertatbestand standen ausreichend Investitionsmittel zur Verfügung. Ab 2017 wird der Investitionshaushalt auf einem angemessenen Niveau verstetigt.
- (9) Eine leistungsbezogene Mittelvergabe wurde nach Prüfung nicht eingeführt. Angesichts des sehr gut funktionierenden und transparenten Systems der Mittelvergabe ist diese Entscheidung gut nachzuvollziehen.
- (10) Die Amtszeiten der Beiratsmitglieder wurden zeitlich so entzerrt, dass nicht zu viele Mitglieder gleichzeitig wechseln. Es ist nun eine ausreichende personelle Kontinuität im Beirat gewährleistet.
- (11) Trotz einiger Bemühungen gibt es nach wie vor keine Frau auf der wissenschaftlichen Leitungsebene. Eine weitere Intensivierung der Anstrengungen, den Frauenanteil bei Leitungspositionen zu erhöhen, ist notwendig.

## Anhang

### 1. Mitglieder der Bewertungsgruppe

#### *Vorsitzende (Mitglied des Senatsausschusses Evaluierung)*

Doris **Schmitt-Landsiedel**                      Lehrstuhl für Technische Elektronik, Technische Universität München

#### *Stellvertretender Vorsitzender (Mitglied des Senatsausschusses Evaluierung)*

Hans-Peter **Seidel**                              Computer Graphics Department, Max-Planck-Institut für Informatik, Saarbrücken

#### *Sachverständige*

Wolfgang **Bösch**                                Institut für Hochfrequenztechnik, Technische Universität Graz (Österreich)

Joachim N. **Burghartz**                        Institut für Mikroelektronik Stuttgart (IMS CHIPS)

Bernhard **Plattner**                            Departement Informationstechnologie und Elektrotechnik, ETH Zürich (Schweiz)

Walter **Riess**                                    Science & Technology Department, IBM Research – Zurich, Rüschlikon (Schweiz)

Christian G. **Schäffer**                        Fakultät für Elektrotechnik, Helmut-Schmidt-Universität, Hamburg

Michael **Schlechtweg**                        Abteilung Mikroelektronik, Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik, Freiburg

Franz-Josef **Tegude**                            Lehrstuhl für Halbleitertechnik / Halbleitertechnologie, Universität Duisburg-Essen

#### *Vertreterin des Bundes*

Anke **Aretz**                                      Bundesministerium für Bildung und Forschung, Bonn

#### *Vertreter der Länder (Mitglied des Senatsausschusses Evaluierung)*

Jörg **Geiger**                                    Sächsisches Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst, Dresden

## 2. Gäste der Bewertungsgruppe

### *Vertreter des zuständigen Fachressorts des Bundes*

**Ulf Lange** Bundesministerium für Bildung und Forschung, Bonn

### *Vertreterin des zuständigen Fachressorts des Sitzlandes*

**Claudia Herok** Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Brandenburg, Potsdam

### *Vertreter des Wissenschaftlichen Beirats*

**Robert Weigel** Lehrstuhl für Technische Elektronik, Universität Erlangen-Nürnberg

### *Vertreterin der Leibniz-Gemeinschaft*

**Brigitte Voit** Leibniz-Institut für Polymerforschung (IPF), Dresden; Sprecherin der Sektion D der Leibniz-Gemeinschaft

## 3. Hochschulvertreter bzw. Kooperationspartner (für ca. einstündiges Gespräch)

**Jörg Steinbach** Präsident der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg

**Klaus Petermann** Institut für Hochfrequenz- und Halbleiter-Systemtechnologien, Technische Universität Berlin

**Thomas Geßner** Fraunhofer-Institut für Elektronische Nanosysteme ENAS, Chemnitz

**Gerhard Kahmen** Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG, München

**Georg Schwalb** Director R&D, Siltronic AG, Burghausen

10. März 2016

**Anlage C: Stellungnahme der Einrichtung zum Bewertungsbericht**

**Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik, Frankfurt (Oder)  
(IHP)**

Das IHP bedankt sich bei der Bewertungsgruppe, den Gästen und den Mitarbeitern des Referats Evaluierung der Leibniz-Gemeinschaft für die professionelle und konstruktive Durchführung der Evaluierung.

Das Institut sieht den Bewertungsbericht als fair und treffend an. Er bestätigt die Strategie des IHP mit ihren grundlagenwissenschaftlich ausgerichteten und anwendungsorientierten Arbeiten mit anspruchsvollen langfristigen Forschungszielen. Klar herausgestellt wird auch der Nutzen der Forschung und der forschungsbasierten Services unter Einsatz der Pilotlinie für die Industrie und andere Forschungseinrichtungen. Die positive Entwicklung der Grundlagenforschung am IHP, die starke Erweiterung der Kooperation mit Universitäten und eine in den vergangenen Jahren gewachsene Anzahl Joint Labs werden hervorgehoben.

Gern nimmt das IHP die im Bewertungsbericht gegebenen Empfehlungen auf. Es sieht sich insbesondere ermutigt, die neu begonnenen Arbeiten zum Thema „Total Resilience“ deutlich zu erweitern und dabei die besonderen Möglichkeiten der vertikalen Struktur des Institutes zu nutzen. Die Finanzierung soll zunächst über neue Forschungsprojekte erfolgen. Allein damit sind der Ausbau und die Verstetigung der Aktivitäten aber nicht im vorgesehenen Umfang möglich. Deshalb wird das IHP, wie in dem vom Wissenschaftlichen Beirat und Aufsichtsrat verabschiedeten Programmbudget 2017 vorgesehen, zusätzlich einen kleinen strategischen Sondertatbestand im Rahmen des GWK-Verfahrens beim Zuwendungsgeber beantragen.

Seiner kompetenten und hoch motivierten Belegschaft dankt das IHP für die erbrachten Leistungen. Für die außerordentlich große Unterstützung seiner Arbeiten bedankt es sich insbesondere bei seinem Wissenschaftlichen Beirat, dem MWFK Brandenburg sowie dem BMBF.