



Wissenschaftskommission
Berlin

BERLIN-ZENTRUM OPTISCHE-WISSENSCHAFTEN & MIKROSYSTEMTECHNIK

Status, Potenziale und Perspektiven der
Optischen Wissenschaften und der
Mikrosystemtechnik in Berlin und Brandenburg

**Handlungsempfehlung der
Berliner Wissenschaftskommission
14. März 2007**

Impressum:

Berliner Wissenschaftskommission (BWK)

Geschäftsstelle
c/o Technologiestiftung Berlin
Fasanenstraße 85,
10623 Berlin

Leiterin der Geschäftsstelle:

Mona Fickert

Tel.: 030 / 46302532

Fax.: 030 / 46302444

E-Mail: fickert@wissenschaftskommission.de

Internet: www.wissenschaftskommission.de

und:

Optec-Berlin-Brandenburg (OpTecBB) e.V.

Geschäftsstelle Berlin-Adlershof

Geschäftsführer: **Dr. Bernd Weidner**

Rudower Chaussee 25

12489 Berlin

Tel. +49 30 6392 1720

Fax. +49 30 6392 1729

E-Mail: weidner@optecbb.de

Internet: www.optecbb.de

BERLIN-ZENTRUM OPTISCHE-WISSENSCHAFTEN & MIKROSYSTEMTECHNIK

Status, Potenziale, Perspektiven den
Optischen Wissenschaften und der Mikrosystemtechnik
in Berlin und Brandenburg

**Handlungsempfehlung der
Berliner Wissenschaftskommission (BWK)
Verabschiedet in der 6. Sitzung der BWK am 14. März 2007**

Weitere Informationen über die BWK: <http://www.wissenschaftskommission.de/>

Eine aktuelle, voll verlinkte Fassung dieser Empfehlung kann vom WWW heruntergeladen werden: <http://www.optecbb.de/BWK/>

erarbeitet von der BWK-Arbeitsgruppe
„Optische Technologien und Mikrosystemtechnik“

Prof. Dr. Ingolf Hertel (federführend)	Max-Born-Institut für Nichtlineare Optik und Kurzzeitspektroskopie, Berlin-Adlershof und FU Berlin
Prof. Dr. Oliver Benson	Institut für Physik der Humboldt-Universität zu Berlin
Prof. Dr. Wolfgang Eberhardt	BESSY GmbH und TU Berlin
Dr. Michael Kaschke	Carl Zeiss AG, Oberkochen
Prof. Dr. Hans-Gerd Löhmannsröben	Institut für Chemie, Universität Potsdam
Prof. Dr. Dieter Neher	Institut für Physik, Universität Potsdam
Dr. Andreas Nitze	Berliner Glas KGaA
Prof. Dr. Jürgen Rabe	Institut für Physik der Humboldt-Universität zu Berlin
Prof. Dr.-Ing. Herbert Reichl	Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration und TU Berlin
Dr. Karl Schönborn	W.O.M. World of Medicine OM und Chairman OpTecBB
Prof. Dr. Christian Thomsen	Technische Universität Berlin, Institut für Festkörperphysik
Prof. Dr. Günther Tränkle	Ferdinand-Braun-Institut für Höchstfrequenztechnik, Berlin-Adlershof und TU Berlin
Prof. Dr. Ludger Wöste und Prof. Dr. Martin Wolf	Institut für Experimentalphysik, Freie Universität Berlin

Geschäftsführung der Arbeitsgruppe

Dr. Bernd Weidner OpTecBB e.V., Optische Technologien für Berlin und Brandenburg, Geschäftsstelle Berlin-Adlershof

Berlin, 13. März 2007

Inhalt

Zusammenfassung	4
1 Vorbemerkungen	6
2 Status, Akteure und Potenziale	8
2.1 Das wirtschaftliche Potenzial - Entwicklung der Kooperation mit der Wissenschaft	8
2.1.1 Optische Wissenschaften	8
2.1.2 Mikrosystemtechnik.....	10
2.2 Zum aktuellen Status der Forschung und ihrer Einordnung	11
2.3 Potenziale der universitären und außeruniversitären Forschung	12
2.3.1 Physik, Elektrotechnik und Maschinenbau der Technischen Universität Berlin	12
2.3.2 BESSY und MBI	14
2.3.3 Institute for Analytical Sciences (ISAS), Institutsteil Berlin	14
2.3.4 Fraunhofer Institut für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut (HHI)	14
2.3.5 BAM, FBH, IPK, IZM	14
2.3.6 Physik und Chemie der FU Berlin.....	14
2.3.7 Fritz Haber Institut der Max-Planck-Gesellschaft	15
2.3.8 Physik und Chemie der Humboldt-Universität in Adlershof	15
2.3.9 Institut für Kristallzüchtung (IKZ).....	16
2.3.10 DLR.....	16
2.3.11 Physik und Chemie der Universität Potsdam	16
2.3.12 Das Astrophysikalische Institut Potsdam (AIP).....	16
3 Ausgewählte Handlungsfelder	17
3.1 UV- und Röntgen-Optik.....	17
3.1.1 Ein Schwerpunkt im Rahmen von OpTecBB	17
3.1.2 BESSY	18
3.2 Biologische Strukturforschung	19
3.2.1 Sfb 449 „Struktur und Funktion membranständiger Rezeptoren“	19
3.2.2 Facility for Bio-X-Ray-diffraction experiments.....	19
3.2.3 Weitere Sonderforschungsbereiche.....	19
3.3 Der Adlershofer Soft X-ray FEL	19
3.4 Ultrakurzzeitphysik, Femtochemie, Femtosekundentechnologie und Nichtlineare Optik21	
3.4.1 Sfb 450 „Analyse und Steuerung ultraschneller photoinduzierter Reaktionen“	21
3.4.2 Max-Born-Institut für Nichtlineare Optik und Kurzpulsspektroskopie (MBI).....	22
3.5 Kooperationsplattformen der Mikrosystemtechnik (MST).....	22
3.5.1 BAM - Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung.....	22
3.5.2 Ferdinand-Braun-Institut für Höchstfrequenztechnik (FBH).....	22
3.5.3 Fraunhofer Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik (IPK)	23
3.5.4 Fraunhofer Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration (IZM)	23
3.5.5 Anwendungszentrum „Smart System Integration“	23

3.5.6	Europäische Technologieplattformen „Nanoelektronik“ und „Smart System Integration“	23
3.5.7	European Center for Information and Communication Technologies (EICT)	24
3.5.8	European Center for Micro- and Nanoreliability	24
3.6	Spezielle Anwendungen der Mikrosystemtechnik	24
3.6.1	Autark verteilte Mikrosysteme	24
3.6.2	FreshScan	25
3.6.3	Mikrosystemtechnik für die Lebensmitteltechnologie	25
3.6.4	Mess- und Gerätetechnik	25
3.6.5	Wide Band Semiconductors (WideBaSe)	26
3.7	Technische Anwendungen der Optik, und Lasertechnik	26
3.7.1	Optisches Design und Laser-Materialbearbeitung	26
3.7.2	Diodenlaser und Leuchtdioden	27
3.8	Organische Elektronik und optische Materialien	27
3.8.1	Sfb 658 „Elementarprozesse in molekularen Schaltern an Oberflächen“	27
3.8.2	Sfb 448 „Mesoskopisch strukturierte Verbundsysteme“	28
3.8.3	Optische Materialien in Potsdam und Golm	28
3.8.4	Hahn Meitner Institut und BESSY	29
3.9	Photovoltaik	29
3.9.1	Hahn-Meitner-Institut Berlin (HMI)	29
3.9.2	Kompetenzzentrum Dünnschicht- und Nanotechnologie für Photovoltaik Berlin	30
3.10	Optische Technologien für das Internet	30
3.10.1	Berlin Access: Fiber-to-the-Home	30
3.11	Medizintechnik und Biomedizinische Optik	31
3.11.1	Mikromedizintechnik	31
3.11.2	Berührungslose, schonende Informationsgewinnung in Medizin und Biologie	31
3.11.3	Perspektiven und Vision für die nahe Zukunft	32
3.11.4	Imaging	32
3.12	Fernerkundung	32
3.12.1	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) am Standort Berlin-Adlershof	33
3.12.2	Geoforschungszentrum (GFZ) und Universität Potsdam	33
3.12.3	Teramobil	33
3.13	Beleuchtungstechnik	34
3.14	Cultural Heritage	34
3.15	Master of Optical Sciences und weitere Ausbildungsinitiativen	35
4	Quellen, ergänzendes Material	36
4.1	Links zu einschlägigen Verbänden, Instituten, Kooperationen	36
4.2	Weitere Materialien und Links	37

ZUSAMMENFASSUNG

Das Forschungspotenzial im Bereich der Optischen Wissenschaften und der Mikrosystemtechnik in der Region Berlin ist in dieser Dichte und Vielfalt wohl einzigartig in Deutschland. An allen drei Berliner Universitäten und der Universität Potsdam, vor allem aber auch im außeruniversitären Bereich wird exzellente Grundlagen- und Anwendungsforschung auf diesem Gebiet auf höchstem internationalem Niveau betrieben. In vielen korrespondierenden Nachbargebieten etwa im Bereich der Materialwissenschaften, der Medizin, der Biowissenschaften, der Kommunikationstechnologie und der Verkehrstechnik werden optische Technologien, Photonik, Spektroskopie, Mikrosystemtechnik einerseits als Werkzeuge oder analytische Verfahren genutzt und weiterentwickelt. Andererseits sind in darauf spezialisierten Feldern der Materialforschung wiederum Materialien mit besonderen optischen Eigenschaften Gegenstand intensiver Forschung (z.B. Photovoltaik, organische Optoelektronik etc.).

Trotz – oder vielleicht gerade wegen – des vielfältigen, exzellenten wissenschaftlichen Potenzials in diesen Arbeitsfeldern war eine systematische Gesamtdarstellung, Einordnung und Bewertung aller wissenschaftlichen Aktivitäten, insbesondere auch in der Grundlagenforschung, bislang nicht verfügbar. Die Arbeitsgruppe hat daher besonderes Augenmerk auf diesen Aspekt gelegt und im Rahmen dieses Berichts versucht, zumindest eine grobe, stichpunktartige Übersicht zu geben. Das vorliegende Papier kombiniert einen Statusbericht mit einigen konkreten Handlungsempfehlungen.

Nach den Vorbemerkungen (1) wird zunächst eine systematische Gesamtübersicht (2) über das in der Region verfügbare Potenzial gegeben. Sodann werden als Handlungsfelder (3) insgesamt 15 konkrete Teilgebiete identifiziert, in denen schon jetzt - international sichtbar und renommiert - kritische Massen vorhanden sind, die bei konsequenter weiterer Fokussierung zu einer Spitzenposition der Region insgesamt in den Optischen Wissenschaften und der Mikrosystemtechnologie führen können. Die Arbeitsgruppe kommt angesichts des gewaltigen wissenschaftlichen Potenzials, das hier verfügbar ist, zu dem Schluss, dass dies in einem die gesamte Region überspannenden, strategische Prozess zügig vorangetrieben werden sollte – langfristig angelegt und deutlich über den speziell auf die regionale Wirtschaft fokussierten Ansatz von OpTecBB und ZEMI hinausgehend.

*Die Arbeitsgruppe schlägt daher vor, das **Berlin-Zentrum Optische-Wissenschaften & Mikrosystemtechnik** (Arbeitstitel) als gemeinsames, virtuelles Dach für alle Berliner und Brandenburger Akteure im Bereich von Forschung und Lehre in den angesprochenen Themenfeldern zu bilden.*

Unbeschadet dieser weiterreichenden Empfehlung würdigt die Arbeitsgruppe die Tätigkeit der in den vergangenen Jahren gegründeten einschlägigen Verbünde und Forschungs Kooperationen, die bereits damit begonnen haben, das Synergiepotenzial des Feldes systematisch zu erschließen und auch für die wirtschaftliche Nutzung verfügbar zu machen. OpTecBB und ZEMI sind solche Netzwerke, die in den letzten Jahren gemeinsam mit der Industrie auf diesem Weg ein gutes Stück vorangekommen sind. Das daraus erwachsende Potenzial für die wirtschaftliche Entwicklung der Region ist erheblich, zumal die einschlägige Industrie hier schon heute durch beachtliche Umsatz- und Beschäftigungszahlen charakterisiert ist und ein stetiges Wachstum im zweistelligen Prozentbereich pro Jahr vorweisen kann.

Die Arbeitsgruppe empfiehlt, zeitnah eine Aktualisierung der OpTecBB Studie von 2003 für die Branchenentwicklung in der Region durchzuführen und diese um die Mikrosystemtechnik zu erweitern. So können eine solide Basis für künftig notwendige strategische Unterstützung in speziellen Wachstumfeldern geschaffen, besondere Alleinstellungsmerkmale der Region identifiziert und Entscheidungsgrundlagen für spezielle Förderung bereitgestellt werden.

Die 15 als besonders chancenreich identifizierten Handlungsfelder ergeben eine logisch geschlossene Kette von sich gegenseitig befruchtenden und z.T. aufeinander aufbauenden Aktivitäten. Sie setzen klare Akzente für die künftige wissenschaftliche Entwicklung der Region im Bereich der Optischen Wissenschaften und der Mikrosystemtechnik und werden mittel- und langfristig entscheidend auch zur wirtschaftlichen Prosperität beitragen.

Für das Handlungsfeld Medizintechnik und Biomedizinische Optik ist festzustellen, dass es bereits eine hohe Dichte an Netzwerken, Innovations- und Vermarktungsinitiativen gibt, dass aber die aktive, inhaltliche Kooperation zwischen den Akteuren der Region (unter Einschluss der optischen Wissenschaften) noch deutlich verstärkt werden könnte. Die Ausgestaltung und Konkretisierung der Kooperationsprozesse bedarf offenbar in diesem Feld einer besonderen Anstrengung – auch der Wissenschaft –, um nachhaltig fruchtbar werden zu können und die enormen Chancen der Region, die gerade im Zusammenwirken von Biologie, Medizin, Optik und Mikrosystemtechnik liegen, voll zu entfalten.

Für das Handlungsfeld Fernerkundung regt die Arbeitsgruppe an, die Kompetenz am Standort Berlin-Adlershof noch stärker in anderen Forschungsfeldern in Berlin (z.B. Biologie, Medizin) zu nutzen, und dabei auch mit der Expertise in Potsdam zu vernetzen, um so international noch wettbewerbsfähiger zu werden

Für das Handlungsfeld Technische Anwendungen der Optik und Lasertechnik wird angeregt, im Rahmen des Maschinenbaus an der TU Berlin zu prüfen, wieweit man hier einen deutlichen Akzent setzen und so die Kontakte zu der in Berlin-Brandenburg angesiedelten, hochkarätigen Feinoptischen Industrie verstärken könnte.

Im Rahmen der Mikrosystemintegration sollte die Implementierung modernster Ergebnisse der Nanotechnologie-Forschung eine besondere Beachtung finden. Dies betrifft Leistungsverbesserungen bestehender Anwendungen ebenso wie die Realisierung neuer Funktionen. Notwendig ist in diesem Zusammenhang die Abstimmung und Erweiterung von Design, Materialentwicklung, Aufbautechnologie, Test und Zuverlässigkeitsbewertung.

Von besonderer Bedeutung ist die Planung von BESSY und HMI für ein gemeinsames Institut, an dem Photonen und Neutronen aus einer Hand für die Strukturforschung angeboten werden. Daher und in Würdigung des bereits an verschiedenen Standorten und Kooperationen entwickelten Potenzials der Region sieht die Arbeitsgruppe eine hervorragende Chance, gerade in solchen Feldern eine Führungsrolle zu entwickeln, wo sich optische Wissenschaften und Materialforschung begegnen. *Sie empfiehlt daher an die Adresse der Humboldt Universität, der dabei am Standort Adlershof eine besondere Rolle zukommen könnte, sich um Spitzenberufungen zu bemühen, welche die HU noch intensiver in die Adlershofer Forschungslandschaft integrieren würden a) durch intensive Nutzung der Synchrotron- und später einmal FEL-Strahlung bei BESSY und b) im Handlungsfeld „Organische Elektronik und optische Materialien“. Sofern es gelingt, dieses Themenfeld auf internationalem Spitzenniveau zu etablieren, wäre dies ein ganz herausragendes Alleinstellungsmerkmal für die Region und könnte sich als wesentliches „Asset“ bei der Ansiedlung einer Industrie entwickeln, die zweifellos außerordentliche Wachstumspotenziale entfalten wird.*

Eine derart starke Region braucht darüber hinaus Leuchttürme und Visionen – neben der beispielhaften Qualität der Verbund- und Clusterbildung sind dies auch wissenschaftliche Großprojekte wie der geplante Freie Elektronenlaser im VUV-Bereich bei BESSY (FEL), der die Region zu einem international bedeutenden Zentrum der Nutzung kohärenter Röntgenstrahlung für Forschung und Industrie machen soll.

Die Arbeitsgruppe optische Wissenschaften und Mikrosystemtechnik der Berliner Wissenschaftskommission unterstreicht die außerordentliche Bedeutung des FEL Vorhabens für die Zukunft des Wissenschaftsstandorts Berlin-Brandenburg und befürwortet nachdrücklich seine zügige Realisierung.

1 VORBEMERKUNGEN

Optische Technologien (OT) und Mikrosystemtechnik (MST) gelten als „**Enabling Technologies**“, als Schlüsseltechnologien also, welche für die industrielle Entwicklung des Hochtechnologiestandorts Deutschland von herausragender Bedeutung sind. Die führenden Industrienationen haben diese Technologien in den letzten Jahren neu bewertet und sie wegen ihrer wirtschaftlichen Bedeutung und ihrer Hebelwirkungen in vielen angrenzenden Technologiefeldern zu einem besonderen Schwerpunkt ihrer Technologiepolitik gemacht. Mit der Etablierung der Technologieplattformen Photonics21, ENIAC und Smart System Integration als beratende Gremien der EU Kommission und der europäischen Forschungsagenda „Towards a Bright Future for Europe¹“ wurde die Basis geschaffen, Optische Technologien (OT) und Mikrosystemtechnik (MST) als Triebkraft für Innovation auch auf europäischer Ebene zu etablieren. Berlin ist dabei hervorragend repräsentiert.

Mit der „[Deutschen Agenda Optische Technologien für das 21. Jahrhundert](#)“ und den korrespondierenden Förderprogrammen² des BMBF positioniert sich der Forschungsstandort Deutschland in diesem Feld. Die Stärken und Potenziale der Mikrosystemtechnik wurden bereits zu Beginn der 1990er Jahre in Deutschland erkannt und mit dem dritten Rahmenprogramm „Mikrosysteme 2004-2009“ wird eine applikationsorientierte Förderstrategie verfolgt. Beide Technologiefelder zählen zu den 17 Hightech-Sektoren der Hightech-Strategie für Deutschland und sind als Querschnittstechnologien herausgestellt. Auch der Berliner Senat und die Landesregierung Brandenburg haben Optische Technologien zum zentralen Bestandteil ihrer Technologie- und Innovationspolitik gemacht.

OpTecBB als gemeinsame Initiative von Wissenschaft und Wirtschaft bildet in Berlin-Brandenburg eine Plattform für Wissens- und Technologietransfer, die in den letzten fünf Jahren zu einer engen Verbindung von Wissenschaft und Industrie und zunehmend zu gemeinsamen F&E Projekten geführt hat. Durch das Engagement seiner derzeit 91 Mitglieder, darunter 53 Unternehmen und 29 wissenschaftliche Institute, ist OpTecBB ein besonders stabiles Kompetenznetz und das derzeit mitgliedstärkste im Feld der Optischen Technologien in Deutschland.

Ergänzend dazu wirkt ZEMI, das **Zentrum für Mikrosystemtechnik Berlin**, als Verbund von Forschungseinrichtungen zur Vernetzung des regionalen F&E Potenzials in der Mikrosystemtechnik. Als Ansprechpartner für Industriekooperationen macht es seine intellektuellen und technischen Ressourcen für Anwender nutzbar, unterstützt Unternehmen bei Entwicklung und Fertigung von Produkten.

Gestützt auf diese effiziente Verbindung von wissenschaftlicher Kompetenz und wirtschaftlicher Innovationskraft, konnten OpTecBB und ZEMI wichtige Impulse geben, um die Hauptstadtregion auf diesem Feld national und international bekannt zu machen. Unter der Federführung von OpTecBB wurde gemeinsam mit ZEMI, der Technologiestiftung und der Senatsverwaltung für Wirtschaft ein **Masterplan für das Kompetenzfeld Optik und Mikrosystemtechnik in Berlin** erarbeitet³, der auch wichtige Aspekte für die Entwicklung des Brandenburger Branchenkompetenzfeldes Optik aufgreift und damit hervorragende Perspektiven für künftige Innovationen in der gesamten Region aufzeigt.

In der hier vorgelegte Analyse und Empfehlung geht es **komplementär** zu diesen erfolgreichen Aktivitäten um eine **aktuelle Bestandsaufnahme und Einordnung des damit verbundenen oder verbindbaren Wissenschaftspotenzials** in Region, dessen deutlich lang-

¹ [Towards a Bright Future for Europe](#)

² [Optische Technologien – Made in Germany](#)

³ [Masterplan für das Kompetenzfeld Optische Technologien](#)

fristiger angelegte Mission es sein muss, Spitzenforschung auf höchstem internationalen Niveau zu betreiben und die Position der Region als herausragenden Forschungsstandort in den Optischen Wissenschaften weiter zu festigen und auszubauen. Nur auf dieser Basis kann mittel- und langfristig die geschilderte direkte, wirtschaftlich relevante Interaktion von Wissenschaft und Industrie erhalten und weiter gestärkt werden.

Auch bei der Aus- und Weiterbildung könnte die Region aufgrund ihrer außergewöhnlichen Potenziale eine führende Rolle als Quelle hervorragend ausgebildeter, junger Wissenschaftler, Ingenieure und Techniker gerade im Bereich der Optischen Wissenschaften, der Photonik und der Mikrosystemtechnik übernehmen und in diesem wichtigen Wachstumsmarkt eine zentrale Marktposition erobern. Dies schließt neben der akademischen Ausbildung ausdrücklich auch den Bereich der beruflichen Aus- und Weiterbildung ein. So haben sich im [Netzwerk MANO](#) (Mikrosystemtechnik Ausbildung in Nord-Ostdeutschland) regionale Akteure der Aus- und Weiterbildung, Forschung und Entwicklung und Industrie zusammengeschlossen, um einen effizienten Beitrag für die Fachkräfte- und Nachwuchssicherung in der Mikrosystemtechnik zu leisten.

Das bereits jetzt vorhandene wissenschaftliche Potenzial in Forschung und Lehre in den hier betroffenen Fachgebieten ist in dieser Dichte in Deutschland einzigartig und die internationale Einbindung und Anerkennung der hier tätigen Wissenschaftler ausgezeichnet. Die direkte Verbindung zu benachbarten Disziplinen, wie Medizin, Biologie, Materialforschung, Informations- und Verkehrstechnik ist von unmittelbar praktischer Bedeutung gerade in Berlin, wo diese Themen ebenfalls regionale, technologiepolitische Schwerpunkte bilden.

Allerdings fehlt es bislang an einer gemeinsamen Forschungs- und Ausbildungsstrategie und an einem kohärenten, gemeinsamen Handeln aller Akteure auf dem Gebiet der Optischen Wissenschaften und Mikrosystemtechnik, welche zahlreiche Synergien erschließen und die Potenziale noch effizienter bündeln könnte. Gerade die jüngsten Erfahrungen mit dem Exzellenzwettbewerb haben dies schmerzhaft deutlich gemacht: nur gemeinsam können die Universitäten, Hochschulen und Forschungseinrichtungen in ausgewählten Themenfeldern die notwendige kritische Masse zusammenführen, um mit den großen Wettbewerbern auf nationaler und a fortiori auf internationaler Ebene auf gleicher Augenhöhe zu konkurrieren.

*Die Arbeitsgruppe schlägt daher vor, das **Berlin-Zentrum Optische-Wissenschaften & Mikrosystemtechnik** (Arbeitstitel) als gemeinsames, virtuelles Dach für alle Berliner und Brandenburger Akteure im Bereich von Forschung und Lehre in den angesprochenen Themenfeldern zu bilden.*

Durch bilaterale und multilaterale Vereinbarungen sollte ein flexibler, stimulierender Rahmen für enge Kooperation, Koordination und synergiebildende Vernetzung innerhalb der Wissenschaft geschaffen werden, der mittel- und langfristige Verabredungen, gemeinsame Umsetzung von Strategien, Handlungslinien, „Roadmaps“ ermöglicht. Es gilt, Forschungsprogramme und Berufungspolitik aufeinander abzustimmen, Anwerbsstrategien für den wissenschaftlichen Nachwuchs gemeinsam zu realisieren, Ausbildungskonzepte zu harmonisieren, wissenschaftliche Infrastruktur gemeinsam zu planen, zu betreiben und zu nutzen. Das **Berlin-Zentrum Optische-Wissenschaften & Mikrosystemtechnik** sollte als weltweit sichtbares Markenzeichen für Exzellenz und Attraktivität des Forschungs- und Ausbildungsstandorts Berlin-Brandenburg für Optische Wissenschaften und Mikrosystemtechnik entwickelt werden und die Potenziale der Region mit einer Intensität und strategischen Schlagkraft international präsent machen, wie dies keiner der Akteure aus eigener Kraft vermöchte. Der im Entstehen begriffene, gemeinsame Studiengang „Master of Optical Sciences“ der vier Universitäten könnte dabei ein, wenn auch bescheidener erster Meilenstein sein. Auch der in Entwicklung befindliche „Master of Optical and Microsystem Technologies“ als internationale Kooperation zwischen der FH Brandenburg und der Universität Paisley (Schottland) kann hierzu beitragen. Ebenso wichtig aber wird es sein, gemeinsame Forschungsstrategien zu entwickeln und

sich darauf vorzubereiten, bei künftigen Wettbewerben geschlossen und mit vereintem Potenzial anzutreten – sei es in nationalen Exzellenzinitiativen, Innovationsprogrammen oder im Europäischen Raum!

Das hier vorgelegte Papier kann und will für die Umsetzung dieser Vision und für die erforderlichen Einzelmaßnahmen keine Rezepte liefern, wohl aber Denkanstöße geben und -aufbauend auf einem knappen Überblick über die aktuell erkennbaren Potenziale im Berliner Raum (einschließlich des näheren Umlands) einige besondere Chancen und Herausforderungen für die Wissenschaftsregion im Bereich der Optischen Wissenschaften ansprechen.

2 STATUS, AKTEURE UND POTENZIALE

2.1 Das wirtschaftliche Potenzial - Entwicklung der Kooperation mit der Wissenschaft

2.1.1 Optische Wissenschaften

Die Optischen Wissenschaften bilden die Basis für optische Technologien, die gemeinsam mit der Mikrosystemtechnik, als „**Enabling Technologies**“ gelten. Diese Technologien bilden einerseits eine eigenständige Industriebranche von beachtlichem Potenzial, liefern zugleich aber auch substantielle wissenschaftliche und technologische Beiträge und geben Impulse für andere Anwendungsbereiche und Technologien, insbesondere für die übrigen Berliner Kompetenzfelder Biotechnologie, Medizintechnik, Verkehrssystemtechnik sowie IuK/Medien.

Nach einer international verwendeten Definition sind **Optische Technologien** die Gesamtheit aller physikalischen, chemischen und biologischen Naturgesetze und Technologien zur Erzeugung, Verstärkung, Formung, Übertragung, Messung und Nutzbarmachung von Licht. Der Begriff „Licht“ ist hierbei sehr weit gefasst und bezieht die elektromagnetische Strahlung vom Röntgenbereich bis zu Terahertz-Optik ein.

In dieses Gebiet fallen solch traditionsreiche Teilbranchen wie die Präzisionsoptik, die Lichtquellen- und Beleuchtungsindustrie, Augenoptik aber auch relativ junge Branchen wie Laser-Herstellung, optische Sensorik, Imaging und andere.

Gestützt auf die bahnbrechenden technologischen Erfolge des Lasers als Werkzeug und die rasante Weiterentwicklung der modernen Optischen Wissenschaften, steht es heute außer Frage, dass diese Technologien das wirtschaftliche Wachstum der führenden Industrienationen in den nächsten Jahrzehnten wesentlich mitbestimmen werden, nicht zuletzt über ihre große Hebelwirkung in anderen Industriebranchen.

Allein der Umsatz in der Kernbranche, Photonik und Präzisionstechnik, macht in Deutschland jährlich 21,6 Mrd. EUR⁴ aus. Hinzu kommen „Consumer Optik“ mit 3,3 Mrd. EUR*, Lichtquellen und Beleuchtung mit etwa 6 Mrd. EUR sowie Medizintechnik mit ca. 14,7 Mrd. EUR* Umsatz pro Jahr – alle mit erheblichen Wertanteilen aus der Optik und Mikrosystemtechnik.

Diese Erkenntnis hat in vielen Industrieländern Impulse ausgelöst, die zu einer Neubewertung und einer erheblichen Förderung dieser Technologien führten.

In der Bundesrepublik hatte dieser Strategieprozess in einem Dialog von Industrie und Wissenschaft unter Mitwirkung des BMBF die „Deutschen Agenda Optische Technologien für das 21. Jahrhundert“ zum Ergebnis. Er wird finanziell durch das Förderprogramm „*Optische*

⁴ [Branchenbericht 2006, Industrieverband Spectaris](#)

Technologien – Made in Germany“ des BMBF untermauert. Strukturell wurde und wird dieser Prozess durch die Kompetenznetze für Optische Technologien unterstützt.

Nach einer Studie von OpTecBB⁵ sind allein in der Hauptstadtregion ca. 270 Unternehmen und ca. 30 Forschungseinrichtungen (außeruniversitäre Forschungsinstitute und Universitätsinstitute) im Bereich der Optischen Technologien tätig und haben einen Umsatz von ca. 2 Mrd. EUR pro Jahr.

Die Hauptstadtregion (wir beziehen hier auch die Wissenschaftspotenziale und innovativen Unternehmen im Raum Brandenburg mit ein) hat also ganz wesentlichen Anteil an diesen nationalen Anstrengungen zur Stärkung der Optischen Technologien und der Mikrosystemtechnik. Von zentraler Bedeutung sind dabei vor allem

- die wissenschaftliche Exzellenz der Forschungsinstitute und Ausbildungsstätten
- leistungsfähige Unternehmen im Bereich von Optik/Photonik und Mikrosystemtechnik
- die aktiven und anerkannten Kompetenznetze und Initiativen (OpTecBB, ZEMI, NanOp)
- Aktivitäten von Wissenschaftler- und Unternehmerpersönlichkeiten in nationalen und internationalen Gremien (u.a. DGaO, Spectaris, WLT, Programmausschuss des BMBF, Technologieplattform Photonics21 der EU, EPIC, Optical Society of America, OSA).

OpTecBB hat dabei wichtige, regionale Schwerpunkte identifiziert, in denen Wertschöpfungsketten von der Grundlagenforschung bis hin zu innovativen Produkten bestehen bzw. kurzfristig entwickelt werden können

- UV- und Röntgentechnologien (Quellen, Optiken, Instrumentierung für Röntgen-Stoff- und Strukturanalyse, Metrologie),
- Synchrotronstrahlung und Freie Elektronen Laser (Entwicklung und Betrieb von internationalen Nutzerfacilities)
- Laserentwicklung (Grundlagenforschung, Entwicklung und Produktion von Lasern und Hochleistungslaserdioden für medizinische Anwendungen, für Analytik und Messtechnik),
- Optische Kommunikationstechnik (Optische Netze, schnelle optische Komponenten für Breitbandübertragungstechniken)
- Biomedizinische Optik, optische Spektroskopie, Sensorik, Diagnostik und Imaging
- Präzisionsoptikfertigung und Spezialglasfasern
- Lichttechnik (Licht- und Strahlungsquellen, Beleuchtungstechnik, Lichtmesstechnik)

OpTecBB moderiert diesen Prozess. Durch das Engagement von 28 außeruniversitären Forschungs- und Universitätsinstituten und mehr als 50 Unternehmen aus dem Bereich der Optischen Technologien im regionalen Kompetenznetz OpTecBB, dem mittlerweile mitgliederstärksten deutschen Kompetenznetz in diesem Bereich, wird die Hauptstadtregion national und international verstärkt als Optik/ Photonik Standort wahrgenommen und bekannt gemacht. Während des erst 5 jährigen Wirkens von OpTecBB e.V., in dem Vertreter der Wissenschaft eine hervorragende Rolle spielen, ist eine stabile Verbindung von Wissenschaft und Wirtschaft entstanden, die zu einem intensiven Wissens- und Technologietransfer geführt hat und zunehmend in gemeinsamen Entwicklungsprojekten mündet. Die Netzwerkentwicklung wird durch eine Gruppe von Wirtschaftswissenschaftlern von FU- und TU Berlin kontinuierlich begleitet und evaluiert. Die empirischen Untersuchungen belegen ein erhebliches Wachstum an Interaktion und Kooperation zwischen den Partnern von OpTecBB⁶.

Darauf aufbauend ist ein stetiges Wachstum der Industrie erkennbar. Beispielhaft sei hierfür der Standort Berlin-Adlershof genannt, wo optische Technologien und Mikrosystemtechnik

⁵ [Potenzialanalyse der Branche in Berlin-Brandenburg, OpTecBB 2003](#)

⁶ [Wirtschafts- und sozialwissenschaftliche Bewertung und Begleitung der Netzwerkentwicklung von OpTecBB](#)

derzeit ca. 25% ausmachen. Allein im Jahr 2006 konnten die innovativen Unternehmen in Adlershof wieder ein Wachstum der Umsätze und Mitarbeiterzahlen von ca. 14% bilanzieren.

Auch am Standort Potsdam-Golm ist ein rapides Wachstum von Optik und Photonik zu beobachten. Im Umfeld der universitären (Interdisziplinäres Zentrum für Photonik, IZP, Universität Potsdam) und außeruniversitären Forschung (3 MPI's, 2 Fraunhofer-Institute) mit starker optischer Ausprägung ist besonders der Aufbau des F&E- und Fertigungszentrums des Unternehmens Uwe Braun GmbH (Beleuchtungstechnik, optische Sensorik und Biometrie) und die Ansiedlung weiterer Unternehmen der OT-Branche im Golmer Innovationszentrum (GO:IN) beachtenswert.

2.1.2 Mikrosystemtechnik

Weltweit ist die Mikrosystemtechnik (MST) als eine der Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts anerkannt. Sie hat nicht nur am Forschungsstandort Deutschland, sondern zunehmend auch am Industriestandort Deutschland und Berlin an Bedeutung gewonnen. Für Forschung und Industrie sowie zahlreiche Anwendungsbereiche bieten Mikrosysteme und deren Komponenten weit reichende Perspektiven und Märkte. Mit Hilfe der MST ist es möglich, derzeit noch unhandliche, teure und relativ schwierig zu bedienende Geräte in leichte, mobile, zuverlässige, preiswerte und einfach zu handhabende Produkte umzuwandeln. Sie kann damit auch als innovativer Ansatz zur Integration komplexer Funktionen mit mikromechanischen, mikroelektronischen, mikrooptischen, mikrobiologischen und mikrofluidischen Wirkprinzipien verstanden werden. Die Wachstumsraten auf dem Gebiet der Mikrosystemtechnik liegen laut der 2005 veröffentlichten NEXUS-Studie⁷ bei jährlich 16%.

Berlin-Brandenburg besitzt unter Zusammenfassung aller Bedingungen hervorragende Voraussetzungen und Kompetenzen zur Forschung, Entwicklung und Fertigung von Mikrosystemen. Mit über 25 Forschungs- und Ausbildungseinrichtungen, die mikrosystemtechnische Komponenten, Verfahren, Werkstoffe und Produktion untersuchen und entwickeln sowie hochqualifizierte Fachkräfte ausbilden, verfügt die Region über ein vielversprechendes Potenzial. Die regionale MST-Unternehmenslandschaft besteht vordergründig aus Anbietern von Sensoren und Messtechnik, der Baugruppen und Modulfertigung sowie Unternehmen der Mikrooptik, Optoelektronik und Lasertechnik - zum momentanen Zeitpunkt ca. 250 meist kleine oder mittelständische Unternehmen. Die erfolgreiche Zusammenarbeit zwischen Industrie und Forschung konnte in einigen regionalen Projekten bereits unter Beweis gestellt werden.

Im Wissenschafts-, Wirtschafts- und Medienstandort Berlin-Adlershof haben sich 2001 die führenden Berliner Forschungseinrichtungen auf dem Gebiet der Mikrosystemtechnik im ZEMI - Zentrum für Mikrosystemtechnik Berlin – zusammengeschlossen. ZEMI, eines von vier anerkannten Kompetenznetzen⁸ im Bereich Mikrotechnik, bündelt das regionale Forschungs- und Entwicklungspotenzial in der Mikrosystemtechnik, steht als zentraler Ansprechpartner für Industriekooperationen zur Verfügung und unterstützt insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen durch Technologietransfer.

Die Arbeitsgruppe empfiehlt, zeitnah eine Aktualisierung der OpTecBB Studie von 2003 für die Branchenentwicklung in der Region durchzuführen und diese um die Mikrosystemtechnik zu erweitern, um auf dieser Basis notwendige strategische Unterstützung für spezielle Wachstumfelder und besondere Alleinstellungsmerkmale der Region identifizieren und fördern zu können.

⁷ NEXUS Market Analysis for MEMS and Microsystems III, 2005 – 2009; September 2005

⁸ Kompetenznetze.de ist eine Initiative des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie und vereint die leistungsfähigsten Technologienetze Deutschlands

2.2 Zum aktuellen Status der Forschung und ihrer Einordnung

Das Forschungspotenzial im Bereich der Optischen Wissenschaften und der Mikrosystemtechnik in der Region Berlin ist in dieser Dichte und Vielfalt wohl einzigartig in Deutschland. An allen drei Berliner Universitäten und der Universität Potsdam, vor allem aber auch im außeruniversitären Bereich wird Grundlagen- und Anwendungsforschung in vielen Teildisziplinen der Optischen Wissenschaften auf international hohem Niveau betrieben. Die Mikrosystemtechnik ist an der TU Berlin und einer Reihe außeruniversitärer Institute konzentriert.

In vielen korrespondierenden Nachbargebieten etwa im Bereich der Materialwissenschaften, der Medizin, der Biowissenschaften, der Kommunikationstechnologie und der Verkehrstechnik werden optische Technologien, Photonik, Spektroskopie, Mikrosystemtechnik einerseits als Werkzeuge oder analytische Verfahren genutzt und weiterentwickelt. Andererseits sind Anwendungen im Bereich der Optischen Wissenschaften auch Gegenstand intensiver Forschung in darauf spezialisierten Gebieten der Materialforschung.

Eine systematische Gesamtdarstellung, Einordnung und Bewertung dieser vielfältigen Aktivitäten ist bislang nicht verfügbar und kann auch im Rahmen dieses Berichts nur stichpunktartig umrissen werden. Auch eine, die gesamte Region überspannende, strategische Koordination ist derzeit (über den speziell auf die regionale Wirtschaft fokussierten Ansatz von OpTecBB und ZEMI hinaus) allenfalls in ersten Ansätzen erkennbar. Allerdings haben sich in den vergangenen Jahren die Universitäten und Forschungsinstitute in zahlreichen, z.T. außerordentlich fruchtbaren Kooperationen und Forschungsverbänden auf diesem Wissenschaftsgebiet und dem näheren Umfeld zusammengefunden, viele erfolgreiche Forschungsprojekte durchgeführt und zukunftsverheißende Allianzen gebildet. Durch Zentren- und Schwerpunktbildung an den Universitäten der Region konnten zusätzliche fachliche Konzentration und Expertise aufgebaut und Synergien nutzbar gemacht werden. Die bereits skizzierten Schwerpunkte der Kooperation mit der Wirtschaft im Rahmen von OpTecBB und ZEMI basieren vor allem auf dieser langfristig entwickelten Expertise. Diese ist stets auch gut in den jeweiligen Universitätskontext eingebettet und zum Teil über Sonderforschungsbereiche und andere Vernetzungsinstrumente in regionale und nationale Forschungsverbände eingebunden, und entfaltet so erhebliche internationale Strahlkraft.

Es kann freilich nicht verborgen bleiben, dass es zur Sicherung und Weiterentwicklung von herausragender Expertise und Spitzenleistung auf diesem sich extrem rasch entwickelnden Forschungsfeld der langfristigen Kontinuität und einer weitblickenden Strategie bedarf, die nur gemeinsam von allen Akteuren der Wissenschaft gestaltet und zusammen mit der sie unterstützenden Politik weiterentwickelt und getragen werden kann. Die rigorose, haushaltstechnisch erzwungene Sparpolitik des Landes Berlin über die letzten 1 ½ Jahrzehnte war in diesem Kontext nicht förderlich und hat zu schmerzhaften Einbrüchen im verfügbaren Kompetenzportfolio geführt. Nur durch massiv verstärkte Zusammenarbeit und gemeinsame Nutzung der auf die verschiedenen Berliner Standorte verteilten (und dort sinnvoll in lokale Kontexte eingebundenen) Kompetenz und ihrer apparativen und personellen Ressourcen kann die Region hoffen, in diesem Forschungsfeld auch langfristig an der Spitze der weltweiten Entwicklung dabei zu sein und regionalen Alleinstellungsmerkmale im nationalen und internationalen Wettbewerb zu entwickeln. **Die Erfahrungen aus den jüngsten Exzellenzinitiativen setzen hier sehr deutliche Zeichen.**

Die folgende Zusammenstellung der aktuell realisierten Potenziale und der sich abzeichnenden weiteren Entwicklungen, gibt klare Anhaltspunkte für künftig mögliche Forschungsrichtungen, „Key-Player“ und Handlungsoptionen im Rahmen des vorgeschlagenen **Berlin-Zentrums Optische-Wissenschaften & Mikrosystemtechnik.**

2.3 Potenziale der universitären und außeruniversitären Forschung

Nachfolgend wird – ohne Anspruch auf Vollständigkeit – versucht, einen Überblick über die Potenziale im Berliner Raum zu skizzieren, soweit dies nicht in der auf einzelne Beispiele fokussierten Darstellung in Kapitel 3 geschieht. Für eine systematische Übersicht sei auf die Zusammenstellung auf der als Anhang zu diesem Papier konzipierten [Website](#) und die dort kommunizierten Links zu den jeweiligen Homepages der Institute verwiesen. Entsprechend kommentierte Übersichten findet man auch auf der Internetseite der Berliner Wissenschaftsverwaltung getrennt für [OT](#) und [MST](#).

Alle Berliner Universitäten und die Universität Potsdam haben starke Forschungsschwerpunkte im Bereich der Optischen Wissenschaften. Bei der Formierung kritischer Massen für solche Zentren, Kompetenznetze und Forschungscluster spielen die außeruniversitären Forschungseinrichtungen eine besonders gewichtige Rolle. In der Region hat sich daher seit vielen Jahren eine Kultur der Zusammenarbeit eingespielt, die sich vielfältig bewährt hat, so etwa bei zahlreichen Sonderforschungsbereichen und anderen Verbundprogrammen, aber auch bei der Kooperation mit der Industrie. Über gemeinsame Berufungen und Kooperationsverträge sind die außeruniversitären Institute in aller Regel auch formal mit den Universitäten verbunden. Sie sind z.T. sehr eng in die universitären Forschungsstrukturen eingebunden, unbeschadet ihrer Verpflichtungen zur jeweils eigenen und eigenständigen Mission mit einem klaren Forschungsprofil. Umgekehrt profitieren auf diesem Gebiet arbeitende Universitätsinstitute von der so verfügbar gemachten apparativen und personellen Infrastruktur.

Die nachfolgende Aufzählung der wichtigsten Akteure im Bereich von Optischer Wissenschaft und Mikrosystemtechnik orientiert sich an diesen gewachsenen Kooperationszusammenhängen, die in einer deutlichen, wenn auch nicht zwingenden Beziehung zu den jeweiligen Standorten stehen (s. auch „Orte des Wissens“ in der Gesamtdokumentation der BWK).

2.3.1 Physik, Elektrotechnik und Maschinenbau der Technischen Universität Berlin

An der TU Berlin haben die Optischen Wissenschaften und Technologien eine lange Tradition, die in ihren Ursprüngen schon in der Vorgängereinrichtung, der TH Charlottenburg, basiert. Sie hat in der Vergangenheit wesentlich dazu beigetragen, dass die Optik in Berlin national und international eine exponierte Stellung erwerben konnte. So hat Ernst Ruska hier das Elektronenmikroskop entwickelt und dafür 1987 den Nobelpreis erhalten, wesentliche Vorarbeiten zur Entdeckung des Laserprinzips wurden hier geleistet und zahlreiche neue Laser zu funktionsfähigen Systemen entwickelt. Entscheidende Arbeiten wurden hier auch zur Entwicklung von Diodenlasern und deren Einsatz in Glasfaser-Kommunikationsnetzen geleistet. Der aktuelle **Forschungsschwerpunkt Photonik** der TU dokumentiert⁹ die erfolgreiche Weiterentwicklung dieser Tradition und den entschiedenen Willen, auf diesem Gebiet eine zentrale Rolle zu spielen. Die wichtigsten Potenziale sind hier in der Physik und in der Elektrotechnik verankert und haben eine deutlich technische Ausrichtung.

Zentral ist dabei das [Institut für Optik und Atomare Physik](#), welches nach einer externen Evaluation der Potenziale gerade neu formiert und gestärkt wurde. Hier wurden kürzlich bereits drei Professuren auf dem Gebiet der Clusterphysik (und FEL Nutzung), der Elektronenholographie und der Spektroskopie sowie eine Juniorprofessorin (technische Holographie) neu besetzt. Drei weitere Professuren (Nanooptik, Röntgenoptik und Röntgenmaterialien) stehen zur Besetzung an. Auch im [Institut für Festkörperphysik](#) werden eng verwandte Themen bearbeitet, die zu den modernen Optischen Wissenschaften zu zählen sind, wie z.B. Nanomaterialien und deren Spektroskopie, sowie Nanooptik und Photonische Hochfrequenztechnik. Das bundesweite [Kompetenznetz Nanop](#) wird hier koordiniert. Schließlich wird in der **Theoretischen Physik** die Wechselwirkung zwischen Licht und Materie untersucht, wobei sog.

⁹ s. [Website FP-Photonik der TU](#) und [Liste der Akteure und Kompetenzen](#)

Vielteilchen Effekte eine große Rolle spielen. Dabei sind numerische Simulationen ein wichtiger Teil der Arbeit.

Es sei an dieser Stelle auch auf die **wichtige Verbindung** der Optischen Wissenschaften **zu den exzellenten Potenzialen der Berliner Mathematik** hingewiesen, die sich z.B. auch in der Mitgliedschaft des [Weierstraß-Institut für Angewandte Analysis und Stochastik \(WIAS\)](#) und des [Konrad-Zuse-Zentrums für Informationstechnik \(ZIP\)](#) bei OpTecBB deutlich manifestiert.

In der **Fakultät IV der TU, Elektrotechnik und Informatik**, wird andererseits die **Brücke zwischen Optischen Wissenschaften und Informationstechnik** deutlich, besonders ausgeprägt im [Fachgebiet Hochfrequenztechnik-Photonics](#). Es geht dort um die Anwendung optischer Verfahren für den Hochgeschwindigkeitsdatentransport (etwa im Internet) und damit verbundenen Fragen der nichtlinearen Optik, der Bauteilgestaltung und Lichtausbreitung in Glasfaserlichtleitern. Eine enge Verbindung besteht hierbei zum Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut (HHI). Auch beim IT-Cluster HC3 der TU spielen optische Technologien eine unverzichtbare Rolle, stellen sie doch die entscheidenden Werkzeuge für die ultraschnelle Datenübertragung in modernen, glasfaserbasierten Hochgeschwindigkeitssystemen.

Über die [Arbeitsgruppe Lichttechnik](#) wird noch in Abschnitt 3.5 berichtet.

Im [TU-Forschungsschwerpunkt Technologien der Mikroperipherik](#) (ebenfalls in Fakultät IV angesiedelt) wird neben mikrosystemtechnischen Lehrveranstaltungen Grundlagenforschung zu Methoden und Technologien der Aufbau- und Verbindungstechnik von mikroelektronischen und mikrosystemtechnischen Bauteilen und Gesamtsystemen auf internationalem Niveau betrieben. Schwerpunkte der Arbeit sind u. a. Entwurfsmethodiken zum Software-/Hardware-/ Fertigungstechnologie-Codesign und Packagingkonzepte. Umwelt- und Nachhaltigkeitskonzepte für Elektronik und deren Umsetzung in Technologieprojekte runden die Forschungsaktivitäten ab. Die Arbeiten erfolgen in enger Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration (IZM).

In der **Fakultät V, Verkehrs- und Maschinensysteme, der TU** befasst sich das **Fachgebiet [Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik](#)** im Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb (IWF) mit der Optimierung von Komponenten und Baugruppen sowie der Entwicklung neuer Maschinenkonzepte. Ziel der Forschung ist einerseits die Erhöhung der Fertigungsgenauigkeiten und die Erweiterung der maschinenspezifischen Arbeitsbereiche, um den steigenden Anforderungen des Marktes gerecht zu werden. Neben diesen Forschungsfeldern werden spezielle Probleme der klassischen Umformtechnik beim Tiefziehen von Blechwerkstoffen sowie der impulsmagnetischen Hochgeschwindigkeitsumformung untersucht.

Im Institut für **Konstruktion, Mikro- und Medizintechnik (IKMM)**, **Fachgebiet [Mikrotechnik](#)** werden gemeinsam mit Industriepartnern komplette und patentierbare Präzisionssysteme für die industrielle Applikation entwickelt. Dabei werden die Anforderungen der Industriepartner mit umfassendem Know-how in Mikrotechnik, Elektromechnik, Mikroelektronik und optischer Systemtechnik zu marktfähigen Produkten verwirklicht. Der Schwerpunkt liegt hierbei auf der mechatronischen Verknüpfung mikro- und feinwerktechnischer, optischer sowie elektronischer Bauteile zu komplexen Systemen.

Das **Fachgebiet [Mikro- und Feingeräte](#)** orientiert sich in Lehre und Forschung am Entwurf, der Konstruktion und der Fertigung von Produkten aus der Feinwerk- und Mikrotechnik mit Detailabmessungen bis in den Submikrometerbereich. Ein derzeitiger Forschungsschwerpunkt liegt in der Entwicklung von Komponenten und Systemen der Mikrofluidik. Zur Umsetzung der Vorhaben nutzt das Fachgebiet das Fertigungsangebot des Anwenderzentrums für Mikrotechnik (AZM) der BESSY GmbH.

Mehrere außeruniversitäre Institute sind mit den hier skizzierten Schwerpunkten und Fachgebieten der TU verbunden, durch gemeinsame Berufungen auch personell. Dies erleichtert die synergetische Nutzung von apparativer Infrastruktur und stärkt die jeweiligen Forschungsprofile. Andererseits fließen so auch die Ergebnisse der Grundlagenforschung direkt die anwendungsorientierte Forschung ein und stehen für die Entwicklung von industriell nutzbaren Produkten und Prozessen zur Verfügung. In der Reihenfolge der Nennung im obigen Text handelt es sich hierbei um folgende Institute:

2.3.2 BESSY und MBI

Die Profile dieser beiden in Berlin-Adlershof angesiedelten, für die optische Wissenschaft in Berlin zentralen Institute werden unter 3.1.2 und 3.4.2 ausführlich beschrieben.

2.3.3 Institute for Analytical Sciences (ISAS), Institutsteil Berlin

Das ISAS arbeitet auf dem Gebiet der physikalisch-chemischen Analytik. Die Forschungsarbeiten des Berliner Institutsteils betreffen insbesondere optische Spektroskopieverfahren an der Schnittstelle zwischen Grundlagenforschung und Anwendung. Die Entwicklung neuer Methoden und Anwendungen in der Material- und Grenzflächenanalytik ist das zentrale Anliegen. Enge Kooperationen bestehen mit der TU Berlin, BESSY, der Bundesanstalt für Materialforschung (BAM) und mit verschiedenen Unternehmen am Standort Adlershof.

2.3.4 Fraunhofer Institut für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut (HHI)

Das [HHI](#) ist eines der weltweit führenden Institute für die Nachrichtentechnik, seine Kompetenzen umfassen optische Kommunikationsnetze und -systeme, mobile Breitbandssysteme, photonische Komponenten und elektronische Bildtechniken. Auf dem Gebiet der optischen und elektro-optischen Komponenten und Module entwickelt und fertigt das HHI auf internationalem Spitzenniveau. Die Linie überdeckt Laser und Detektoren auf der Basis von Indiumphosphid aktiv im Wellenlängenbereich von 1,1 μm bis 2,0 μm , Polymerlichtwellenleiter und diffraktive optische Elemente (DOE).

2.3.5 BAM, FBH, IPK, IZM

Die Profile dieser außeruniversitären Institute werden unter 3.2 skizziert. Die Institute kooperieren eng mit der TU.

2.3.6 Physik und Chemie der FU Berlin

Photonen, also Licht in allen Spektralbereichen, Synchrotronstrahlung und Laser spielen an der **Freien Universität Berlin** in vielen Bereichen eine zentrale Rolle sowohl als Werkzeug für Analyse der Struktur und Dynamik von Molekülen, Clustern, wie auch zur Untersuchung der kondensierten Materie sowie der Erdatmosphäre. **Ultrakurzzeitphysik** ist ein besonderer Schwerpunkt des Fachbereichs Physik und in der physikalischen Chemie.

Mindestens drei der von der FU koordinierten **Sonderforschungsbereiche** (Sfb 450, Sfb 498, Sfb 658) belegen die grundlegende Bedeutung der Optischen Wissenschaften für die naturwissenschaftliche Forschung der FU am Standort Dahlem. Hervorzuheben ist hierbei der Sfb 450 "Analyse und Steuerung ultraschneller photoinduzierter Reaktionen", der ein umfassendes Spektrum von Methoden der Kurzeitspektroskopie vereint. Die genannten Sfb's verbinden diese Kompetenzen zugleich mit komplementären Potenzialen anderer Berliner Wissenschaftsstandorte und haben somit Vorbildcharakter für eine weiterreichende, Berlin-weite zukünftige Kooperation und Synergieerschließung in den Optischen Wissenschaften (s. auch die ausführlichen Erläuterungen unter 0, 3.8 und 3.2).

Die beiden Fachbereiche der FU sind in diesen Schwerpunkten über gemeinsame Berufungen auch personell mit zahlreichen außeruniversitären Instituten verbunden.

2.3.7 Fritz Haber Institut der Max-Planck-Gesellschaft

Die Spektroskopie katalytischer Prozesse und die Strukturbestimmung bzw. chemische Analyse von Oberflächen mittels Synchrotronstrahlung bildet einen Schwerpunkt verschiedener Abteilungen am Fritz-Haber-Institut. Neben den intensiven Aktivitäten bei BESSY spielen Laser- und Röntgenspektroskopie in zahlreichen Laborexperimenten eine zentrale Rolle zur Untersuchung chemischer Reaktionen. In der Abteilung Molekülphysik werden insbesondere molekulare Prozesse in der Gasphase mittels Laserspektroskopie im Infrarot (unter Einbeziehung des Freie-Elektronen-Lasers) untersucht.

Das Fritz-Haber-Institut ist sowohl über experimentelle Gruppen als auch über die Abteilung Theorie in mehrere Berliner Sonderforschungsbereiche und Graduiertenschulen eingebunden und mit den Berliner Optischen Wissenschaften eng vernetzt. Zahlreiche Honorarprofessuren der leitenden Wissenschaftler an den Universitäten vertiefen diese Verbindungen.

2.3.8 Physik und Chemie der Humboldt-Universität in Adlershof

Die Naturwissenschaften der Humboldt-Universität sind ebenfalls intensiv in die Optischen Wissenschaften eingebunden. Diese Schwerpunktsetzung legt schon der Standort Adlershof besonders nahe. Hier forschen neben den Arbeitsgruppen der Humboldt-Universität, das Max-Born-Institut, das Ferdinand-Braun-Institut, BESSY II und das Institut für Kristallzüchtung auf den Gebieten Optik und Photonik. Die Arbeiten erfolgen z.T. in enger Kooperation mit weiteren Forschungseinrichtungen in Berlin-Brandenburg wie dem PDI, dem WIAS, der FU und der TU Berlin und sind in nationale wie internationale Netzwerke eingebunden. Zahlreiche gemeinsame Berufungen mit verschiedenen außeruniversitären Instituten garantieren die Nachhaltigkeit dieser Kooperationsbeziehungen.

Der von der Physik der HU koordinierte **Sonderforschungsbereich 448** "Mesoskopisch strukturierte Verbundsysteme" wird unter 3.5.2 ausführlich charakterisiert. Auch im von der Physik koordinierten **Sonderforschungsbereich 555** "Komplexe nichtlineare Prozesse" gibt es mit dem Thema „gekoppelte Festkörperlaser“ wichtige Beiträge zu den Optischen Wissenschaften.

Die Humboldt-Universität bereitet derzeit ein **Zentrum für Moderne Optik** vor. Damit sollen die schon jetzt herausragenden wissenschaftlichen Potenziale weiter gestärkt, ihre Vernetzung gefördert und insbesondere Grundlagenforschung und Anwendungen verknüpft werden. Aus dem breiten Spektrum der Modernen Optik werden Themenfelder ausgewählt, die wegen ihrer Aktualität und wegen der umfassenden Expertise der am Zentrum beteiligten Arbeitsgruppen derzeit besonders erfolversprechend erscheinen, so die Herstellung und Untersuchung photonischer und komplexer räumlicher Strukturen, die Untersuchung grundlegender Strukturbildungs-, änderungs- und Selbstorganisationsprozesse und die Messung und Manipulation von Quantensystemen. Die erwartete Vertiefung der bereits bestehenden engen Kooperation mit den in Adlershof ansässigen außeruniversitären Instituten wird zu erheblichen Synergien führen und zugleich auch Brückenfunktionen zu zahlreichen innovativen Unternehmen in Adlershof aktivieren.

Trotz dieses bereits beachtlichen Potenzials erscheint im Vergleich zu den entsprechend fokussierten Potenzialen an TU und FU und in Anbetracht der Erfahrungen im Exzellenzwettbewerb eine weitere Verstärkung der Optischen Wissenschaften an der HU dringend geboten. Eine Spitzenberufung, welche die HU noch intensiver in die Adlershofer Forschungslandschaft integrieren würde, etwa durch intensive Nutzung der Synchrotron- und später einmal FEL-Strahlung bei BESSY wird nachdrücklich empfohlen und sollte im Bereich des Machbaren liegen. Entsprechendes gilt für das unter 3.6 genannte Handlungsfeld „Organische Elektronik und optische Materialien“.

2.3.9 Institut für Kristallzuchtung (IKZ)

Das IKZ ist ein international renommiertes Institut, das Probleme der Züchtung kristalliner Werkstoffe von der Grundlagenforschung bis zur technologischen Reife bearbeitet. Es züchtet und bearbeitet Kristalle für die Optoelektronik, Mikrosystemtechnik, optische Bauteile und Anwendungen in Festkörperlasern, woraus sich ein starker Bezug zu den Optischen Technologien ergibt. Darüber hinaus werden Siliziumkristalle für die Photovoltaik gezüchtet und Verfahren entwickelt, die die Abscheidung aktiver photovoltaischer Schichten auf amorphen Unterlagen erlauben.

2.3.10 DLR

Über die einschlägigen Aktivitäten des DLR am Standort Adlershof wird im Rahmen des Themas Fernerkundung berichtet.

2.3.11 Physik und Chemie der Universität Potsdam

Optische Wissenschaften im weitesten Sinne bilden an der Universität Potsdam einen wichtigen Schwerpunkt, vor allem in der Physik z.T. aber auch in der Chemie, Biochemie/Biologie und Erdwissenschaften. Die Arbeiten konzentrieren sich hauptsächlich auf Laserforschung, Nichtlineare Optik, optische Spektroskopie, Sensorik und Diagnostik sowie optische Mikroskopie. Darüber hinaus gibt es bedeutende Aktivitäten im Bereich der Optischen Materialien. Die beteiligten Gruppen sind seit August 2004 im [Interdisziplinären Zentrum für Photonik \(IZP\)](#) zusammengefasst. Wichtige Projekte und Aktivitäten sind: (i) die BMBF- bzw. BMWi-Nachwuchsforscherguppen „Angewandte Laser Sensorik (ALS)“ (Programm InnoProfile) und „Photonendichtewellenspektroskopie“ (InnoNet), unter intensiver Zusammenarbeit mit regionalen, nationalen und internationalen Unternehmen; (ii) das BMBF ProSenso.net2 Verbundvorhaben (koordiniert vom Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim (ATB), unter Beteiligung der Physikalischen Chemie der UP), in dem es unter anderem um die Weiterentwicklung der optisch-basierten Sensorik zum Nachweis von Mykotoxinen in Getreide geht und (iii) das EU-Vorhaben (STREP 6. RP, 9 Partner aus 5 Ländern) POC4LIFE, welches innovative optische Verfahren für patientennahe (point-of-care, POC) medizinische Diagnostik einsetzt. Wichtig sind die Vorbereitungen für ein Zentrum für Innovationskompetenz (ZIK, BMBF) „Innovative Faseroptische Spektroskopie und Sensorik (innoFSPEC)“, welches die entsprechenden Kompetenzen am [Astrophysikalischen Institut Potsdam \(AIP\)](#) - s. auch Abschnitt 3.10 - und IZP kombinieren und zu weltweiter Spitzenstellung führen soll. Besteht innoFSPEC die nächste Wettbewerbsrunde siegreich, kann es sich zu einer struktur- und exzellenzbildenden Faseroptik-Initiative im Raum Potsdam-Berlin, unter Beteiligung von OpTecBB und zahlreichen regionalen Forschungsinstituten und Unternehmen entwickeln.

Auch auf dem Gebiet der Optischen Materialien wird an der Universität Potsdam und an einer Reihe außeruniversitärer Forschungseinrichtungen im Umfeld hervorragende, national wie auch international wahrgenommene Forschung betrieben. Sie spiegelt sich auch in einer Reihe von gemeinsamen Projekten mit der einschlägigen Industrie wieder. Weitere Ausführungen hierzu finden sich in Abschnitt 3.8. Zahlreiche gemeinsame Berufungen stärken die Verbindung der Universität Potsdam mit den entsprechenden außeruniversitären Instituten.

2.3.12 Das Astrophysikalische Institut Potsdam (AIP)

Aufbauend auf einer 300jährigen Tradition betreibt das Astrophysikalische Institut Potsdam Grundlagenforschung auf internationalem Niveau. Es ist es eines der Zentren astrophysikalischer Forschung in Deutschland. Das AIP konzentriert seine Arbeit auf die beiden Forschungsrichtungen Kosmische Magnetfelder, Sonnen- und Sternaktivität, sowie Extragalaktische Astrophysik und Kosmologie. Es ist in eine Reihe herausragender nationaler und internationaler Projekte eingebunden, so z.B. bei dem in Arizona, USA, entstehenden weltweit

größten bodengebundenen Optischen Teleskop (2x 8.4m), dem Large Binocular Telescope (LBT), und vielen weiteren. Bei seinen Instrumentierungsprojekten hat das AIP zahlreiche Innovationen im Bereich optischer Technologien hervorgebracht, u.a. das auf Faseroptik basierende Verfahren der orts aufgelösten „3D-Spektroskopie“. Das AIP ist mit seinen Instrumentierungsprojekten sowohl Kunde als auch Partner der Optikindustrie. Zur Stärkung dieser Partnerschaft und zur optimalen Entwicklung technologischer Innovationen ist es aktiv in das regionale Technologienetzwerk OpTecBB eingebunden. Als jüngstes Frucht dieses Engagements entsteht das Zentrum innoFSPEC (s. 2.3.11)

3 AUSGEWÄHLTE HANDLUNGSFELDER

Im Folgenden werden Handlungsfelder identifiziert, denen ein besonders hohes Zukunftspotenzial zugeschrieben werden kann. Sie bilden, wie sich herausstellt, eine nahezu geschlossene Kette von hoch aktuellen Themen der Optischen Wissenschaften und der Mikrosystemtechnologie, die sich gegenseitig befruchten und in weitgehend aufeinander aufbauen.

Ein zentraler Schwerpunkt und Alleinstellungsmerkmal der Region Berlin ist dabei die hier verfügbare, herausragende Infrastruktur und methodische Kompetenz im Spektralbereich sehr kurzer Wellenlängen, also im UV-, EUV- und Röntgenspektralgebiet (3.1, 3.3), wofür zu allererst aber nicht nur BESSY in Adlershof steht, sondern eine Vielzahl von Forschungsaktivitäten und innovativen Unternehmen. Dieser Wellenlängenbereich des elektromagnetischen Spektrums ist für die Strukturanalyse im Mikro- und Nanobereich ganz allgemein, und speziell für die Biologie (3.2) von entscheidender Bedeutung, bildet aber natürlich auch die Basis einer wichtige Methode für die Erzeugung solcher Strukturen etwa in der Mikrosystemtechnik (3.5, 3.6) und bei der Mikroelektronik der Zukunft. Dazu komplementär ist umfassende personelle und methodische Expertise für zeitaufgelöste Untersuchungen bis hin in den Ultrakurzzeitbereich (3.4) hier verfügbar, sodass insgesamt nicht nur Werkzeuge für die Erzeugung von immer kleineren, mikro- und nanoskaligen Strukturen vorhanden sind, sondern auch die Analyse und Manipulation von Struktur, Dynamik und Funktion mit modernsten Lichtquellen beherrscht wird - wie dies in einer Welt der immer kleineren Dimensionen und der immer schnelleren Prozesse zunehmend unverzichtbar wird. Entsprechende Aspekte der technischen Optik und Lasertechnik ergänzen dieses Know-how (3.7). Den optischen und mikrosystemtechnischen Kompetenzen korrespondieren entsprechende, vernetzte Aktivitäten bei der Entwicklung und Anwendung spezieller Materialien, insbesondere im Bereich der organischen Elektronik und der optischen Materialien (3.8) sowie der Photovoltaik (3.9). Als besonders zukunftsreiche Anwendungsbereiche sind neben der bereits jetzt sehr stark marktgetriebenen Informationstechnik (3.10) - einem weiteren Berliner Technologieschwerpunkt -, die für Berlin besonders chancenreichen Medizintechnik und biomedizinischen Optik (3.11), sowie die Handlungsfelder Fernerkundung (3.12), Beleuchtungstechnik (3.13) und „Cultural Heritage“ (3.14) zu sehen – letzteres eine Verbindung der wiederum in Berlin besonders ausgeprägten Welt der Museen, der Architektur und der Kunst mit den optischen Wissenschaften. „Last but not least“ sei auf die Herausforderungen des immer wichtiger werdenden Aus- und Weiterbildungssektors (3.15) mit konkreten ersten, die Region überspannenden Ansätzen hingewiesen.

3.1 UV- und Röntgen-Optik

3.1.1 Ein Schwerpunkt im Rahmen von OpTecBB

Röntgenlicht ist das Licht der Mikro- und Nanotechnologien und somit eines ihrer wichtigsten Werkzeuge. UV- und Röntgentechnologien stellen die Verbindung zwischen Optik, Mikro- und Nanotechnologien dar: erst die kurzen Wellenlängen im Nanometer- und Subnanometer-Bereich erlauben den Einsatz von Licht als Werkzeug und Messsonde für diese Zukunftstechnologien, aber auch für Biologie (Genomik, Proteomik) und Medizin.

Berlin hat auf dem Gebiet der UV- und Röntgentechnologien mit Forschungseinrichtungen von internationaler Bedeutung (BESSY, MBI, FBH), mit nationalen Labors für Forschung-, Prüfung und Standards (PTB, BAM), mit universitären Schwerpunkten (TU Berlin) und einer bedeutenden Zahl kleiner und mittlerer Unternehmen (wie z.B. Bestec GmbH, Bruker, Crystal GmbH, IfG GmbH, Röntgenanalytik Apparatebau GmbH, rtw Dr. Warrikhoff und andere) eine herausragende Stellung im nationalen und internationalen Maßstab. Ein großer Teil dieser Einrichtungen ist in Adlershof angesiedelt, das – mit BESSY als Mittelpunkt – zu einem Zentrum der UV- und Röntgentechnologien geworden ist.

Die Vernetzung der starken Grundlagenforschung mit den Unternehmen ist eine besondere Stärke der Region. Sie hat als Ziel die Entwicklung und Vermarktung von innovativen Produkten der Röntgenanalytik und – Röntgenmikroskopie. Schwerpunkte liegen auf der Detektortechnologie, der Entwicklung miniaturisierter Röntgenquellen, neuartiger Röntgenoptiken, table-top Röntgenlasern, Kurzpuls-Röntgenquellen bis hin zu Komplettsystemen wie Labor-Röntgenmikroskopen, UV- und EUV-Diagnostik-Systemen für die Halbleiter-Lithographie, oder integrierte Tomographie- und Röntgen-Therapiestationen für die Medizin. Diese Zusammenarbeit soll unter Nutzung der vorhandenen Potentiale die Wettbewerbsfähigkeit der einzelnen Unternehmen sowie der Region auf diesem Gebiet deutlich steigern.

Die gemeinsame "Technologische Roadmap zur Röntgen-Stoff- und Strukturanalytik" bietet im vorwettbewerblichen Bereich die Basis für eine gemeinsame regionale Strategie mit gleitendem 5-Jahres-Horizont und Ableitung von Verbundprojekten. Ein aktueller Schwerpunkt ist die von Forschungseinrichtungen und Unternehmen erfolgte Abstimmung von Aktivitäten auf dem Gebiet der Ultrakurzzeit-Röntgenanalytik. Sie lässt durch die Kombination höchster zeitlicher und räumlicher Auflösung völlig neue Einblicke in natürliche oder technologische Prozesse erwarten.

3.1.2 BESSY

Aufgabe der 1979 gegründeten [BESSY](#) ist die Erzeugung, Bereitstellung und Nutzung von Synchrotronstrahlung für Forschung und Entwicklung. BESSY ist die zur Zeit nach wie vor einzige deutsche Lichtquelle der modernsten technischen Generation. Die Industrie bedient sich der Dienstleistungen BESSY's im vorwettbewerblichen Bereich. Die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) nutzt die Synchrotronstrahlung von BESSY im Rahmen ihrer gesetzlichen metrologischen Aufgaben.

Derzeit sind bei BESSY II 50 Experimentierplätze in Betrieb, die von jährlich etwa 1200 Wissenschaftlern aus nationalen wie internationalen Institutionen hervorragend angenommen werden, wobei die qualitativ hochwertigen Messplätze stets um einen Faktor zwei bis drei überbucht sind.

Dies, sowie die jüngste, durch den Senat der Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz e.V. (WGL) und den Wissenschaftsrat in Auftrag gegebenen [Evaluierungen](#) durch international besetzte Gutachtergremien bestätigen erneut: Mit BESSY besitzt Berlin eine Wissenschaftseinrichtung von Weltgeltung.

Vor diesem Hintergrund bedarf BESSY zur Sicherung ihrer internationalen Spitzenposition und Wettbewerbsfähigkeit einer ebenso vorausschauenden wie attraktiven Langfristperspektive. BESSY's Strategie zielt auf den Ausbau der Berliner Synchrotronstrahlungsquelle zu einem **ultimativen Raum-Zeit-Mikroskop** für Grundlagenforschung und –technologie. Dieses ‚Mikroskop‘ eröffnet revolutionär neuartige Anwendungsfelder in der Atom-, Molekül- und Festkörperphysik/- chemie bis hin zu anwendungsorientierten FuE-Arbeiten in den Material- und Werkstoffwissenschaften, der Nano- und Informationstechnologie sowie den Lebenswissenschaften. Die mit der neuartigen Synchrotronstrahlungsquelle mögliche Strukturaufklärung und funktionale Analyse wird im Bereich der Lebenswissenschaften beispielsweise zu atomar aufgelösten Proteinstrukturen oder zeitaufgelösten Wirkmechanismen von Pharmaka

führen. Das stärkt die Leistungsfähigkeit und Innovationskraft der Berliner Technologiefelder, schafft zukunftssichere Arbeitsplätze und forciert so auch die wirtschaftliche Entwicklung Berlins. Diese Entwicklungen sollten möglichst zeitnah durch einen FEL ergänzt werden (siehe 3.3).

3.2 Biologische Strukturforschung

3.2.1 Sfb 449 „Struktur und Funktion membranständiger Rezeptoren“

Der von der FU koordinierte, zwischen Biologie und Chemie angesiedelte, [Sonderforschungsbereich 449](#) belegt besonders deutlich, von welcher zentraler Bedeutung die Optischen Wissenschaften für die Lebenswissenschaften sind. Er macht extensiv Gebrauch von modernen Optischen Methoden zur Struktur- und Funktionsaufklärung bioaktiver Moleküle. Dazu gehören: Röntgen-Kristallographie (mit konventioneller und Synchrotron-Strahlung am BESSY), Röntgen-Kleinwinkelstreuung, dynamische und statische Lichtstreuung, zeitaufgelöste Fluoreszenz-Depolarisation, „Blitzlicht-Photometrie“, Oberflächen-Plasmonen-Resonanz-Spektroskopie (BIACore) und „Evanescent Field“ Techniken, Fluoreszenz-Korrelationsspektroskopie, Circular-Dichroismus, Fourier Transform Infrarot-Spektroskopie (FTIR), Infrarot-Spektroskopie mit hoher Orts- und Zeitauflösung (BESSY II).

Diese, einer einführenden Beschreibung des SFB 449 entnommene Methodenzusammenstellung illustriert eindrucksvoll die Rolle, welche Optischen Verfahren für die biologische Strukturanalyse spielen. Sie sind – neben der Neutronenbeugung und magnetischen Resonanzverfahren – unverzichtbar gerade bei der Strukturaufklärung großer Biomoleküle. Berlin bietet für solche Arbeiten mit seiner großen spektroskopischen Kompetenz und vor allem mit den vielfältigen Möglichkeiten von BESSY in Adlershof einzigartige Standortvorteile.

3.2.2 Facility for Bio-X-Ray-diffraction experiments

Ein zentraler Bestandteil der Berliner Forschungsinfrastruktur für die biologische Strukturaufklärung ist – auch weit über diesen speziellen SFB hinaus – dabei die von FU und BESSY gemeinsam betriebene Facility [„Bio-X-Ray-diffraction experiments“](#) im Rahmen der Berliner Protein Strukturfabrik.

3.2.3 Weitere Sonderforschungsbereiche

Das für den Sfb 449 Gesagte gilt, mutatis mutandis, auch für den von der Physik der FU koordinierten [Sonderforschungsbereich 498](#) „Protein-Kofaktor-Wechselwirkungen in biologischen Prozessen“ und den von der HU koordinierten [Sonderforschungsbereich 740](#) „Von Molekülen zu Modulen: Organisation und Dynamik zellulärer Funktionseinheiten“, die ebenfalls viele Beispiele für die erfolgreiche und unverzichtbare Anwendung optischer Methoden in der Biologie liefern.

Es sei an dieser Stelle deutlich darauf hingewiesen, dass die Häufung so vielseitiger, exzellenter Forschungscluster im Bereich der Lebenswissenschaften nicht als Zufall gewertet werden kann, sondern nicht zuletzt auch der hier verfügbaren, umfassenden Expertise und apparativen Infrastruktur im Bereich der Optischen Wissenschaften geschuldet ist.

3.3 Der Adlershofer Soft X-ray FEL

Hier geht es um das wohl **wichtigste Zukunftsprojekt für die gesamte Wissenschaftsregion**. BESSY plant, ein FEL-System (FreieElektronenLaser) für den vakuum-ultravioletten und weichen Röntgenspektralbereich, auf dem Gelände von BESSY II in Berlin-Adlershof zu entwickeln und zu betreiben – also im wahrsten Sinne **einen Leuchtturm der Berliner Wissenschaft** zu erstellen. Dieses Großgerät ist in gewisser Weise die logische Weiterentwicklung der in 3.1 beschriebenen UV- und Röntgenoptik und wird u. a. ein Fundament für die Strukturforschung der Zukunft bilden, so auch im Bereich der Biologie (3.2). Praktisch alle

nachfolgend skizzierten Handlungsfelder werden direkt oder indirekt von den sich erschließenden Synergien profitieren, z.T. ein unverzichtbares, komplementäres Methodenspektrum bereitstellen (z.B.3.4), oder mit wichtigen Komponenten zur FEL Technologie beitragen. So kann sich die Region zu einem international bedeutenden Zentrum der Nutzung kohärenter Röntgenstrahlung für Forschung und Industrie entwickeln.

Auf Basis der von BESSY entscheidend mitentwickelten sog. High Gain- Harmonic Generation (HGHG)-Technologie arbeitend, soll dieser FEL den Elektronenspeicherring BESSY II nicht ersetzen, sondern zukunftssicher und attraktiv ergänzen. In der abschließenden Stellungnahme des Wissenschaftsrates zum BESSY-FEL Großgeräteprojekt wird hervorgehoben: „Das ... wissenschaftliche Programm der BESSY Initiative ist exzellent“ und „das technische Konzept des BESSY-FEL, das auf dem *HGHC* Prinzip ... basiert, ist überzeugend“. Zugleich konstatiert der Wissenschaftsrat, dass „derzeit ... keine FEL-Initiative auf europäischer Ebene (besteht), die sich ... mit dem BESSY-Projekt vergleichen ließe“.

Nicht zuletzt vor dem Hintergrund der weltweit führenden Rolle, die Deutschland insbesondere auf dem Feld der synchrotronstrahlungsgestützten Spektroskopie und Strukturanalyse von Materie spielt, empfiehlt der Wissenschaftsrat „die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten für einen auf dem HGHC-Prinzip basierenden Freien Elektronen Laser weiterzuführen. Die Wissenschaftler bei BESSY sind für diese Aufgabe hervorragend qualifiziert und sollten sie in ... Abstimmung vor allem mit dem DESY-Team wahrnehmen“.

Aus Sicht des Wissenschaftsrats sind als Standorte eines FEL für weiche Röntgenstrahlung der zweiten Generation (HGHC-FEL) der Berliner Wissenschaftscampus Adlershof wie auch DESY in Hamburg denkbar. Mit dem o.g. Entwicklungsvorhaben hat BESSY ein schlüssiges Gesamtkonzept vorgelegt. Seine stufenweise Umsetzung sichert BESSY Adlershof und damit dem Wissenschaftsstandort Berlin langfristig wissenschaftliche Attraktivität, Leistungsstärke und internationale Wettbewerbsfähigkeit auf Forschungsfeldern, die ganz wesentlich zur Fortentwicklung und Profilierung der Berliner Kompetenzfelder Biotechnologie, Informations- und Kommunikationstechnologie, Optische Technologien und zunehmend auch Energietechnik beitragen. Das erhält bestehende und schafft Berlin-weit neue Arbeitsplätze.

Mitte Oktober 2006 hat BESSY den wissenschaftlichen und finanziellen Rahmen einer der Grundsatzentscheidung über den Bau des **Adlershofer Soft X-ray FEL** vorgelagerten neu ausgerichteten FuE-Phase zum Nachweis der Realisierbarkeit ihrer FEL-Technologie im Rahmen einer weiterführenden Studie vorgelegt. Die mit der Wissenschaftsratsempfehlung der Bauentscheidung vorgeschaltete FuE-Phase ist ein notwendiger und integraler Bestandteil des nationalen Großgeräteprojektes eines im weichen Röntgenspektralbereich betriebenen FEL. Ihre Ausfinanzierung ist damit auch eine gesamtstaatliche Verpflichtung und nicht etwa nur die des Landes Berlin. Dabei ist zu unterstreichen, dass entsprechende Mehrinvestitionen Berlins selbst bei einer späteren, für Berlin negativen Bau- bzw. Standortentscheidung für einen Soft X-ray FEL keine Fehlinvestitionen sein werden: Die im Ergebnis der FuE-Phase entstehende Test- und Demonstrationsanlage STARS ist so ausgelegt, dass sie später auch parallel zum eigentlichen BESSY-FEL bzw. sogar ohne diesen als kleine, attraktive Nutzerfacility weiter betrieben werden kann. Mit seiner mehrjährigen (Anschub-)Finanzierung der BESSY-FEL-Planungsgruppe in Höhe von insgesamt 2,4 Mio. € aus Mitteln des Zukunftsfonds hat Berlin bereits einseitige Vorleistungen erbracht. Berlin sollte nun auch den vom Wissenschaftsrat aufgezeigten nächsten Schritt gehen.

Die Größenordnung der hier zu veranschlagenden Investitions- und Betriebskosten machen deutlich, dass sich Deutschland nur einen Soft X-ray FEL des von BESSY vorgeschlagenen Typs leisten kann und wird. Als Standort kommt nach Einschätzung des Wissenschaftsrats nur Hamburg oder Berlin in Frage. Das einzigartige Adlershofer und Berliner wissenschaftliche Umfeld BESSY's sowie deren über Jahrzehnte gewachsene und sich ständig verbreitende Nutzerschaft sind starke Argumente für einen Standort Berlin. Sollte sich Hamburg

durchsetzen, droht BESSY längerfristig der „Abstieg“ zu einer bloßen Außenstelle von DESY. Der Wissenschaftsrat hat das FEL-Zukunftsprojekt BESSY's mit Auflagen zur Förderung empfohlen. Voraussetzung für die Realisierung des BESSY-FEL ist der Funktionsnachweis der hier zur Anwendung kommenden neuartigen FEL-Technologie. Dieser Funktionsnachweis soll zeitnah in einer mehrjährigen FuE-Phase erbracht werden.

Die Arbeitsgruppe optische Wissenschaften und Mikrosystemtechnik der Berliner Wissenschaftskommission unterstreicht die außerordentliche Bedeutung dieses Vorhabens für den Wissenschaftsstandort Berlin und Brandenburg und befürwortet nachdrücklich seine zügige Realisierung.

3.4 Ultrakurzzeitphysik, Femtochemie, Femtosekundentechnologie und Nichtlineare Optik

Die Untersuchung und technische Anwendung ultraschneller Prozesse gilt weltweit als ein Schlüsselthema der Optischen Wissenschaften. Als ultraschnell werden heute physikalische, chemische und biologische Prozesse bezeichnet, die in Zeitbereichen kürzer als 10^{-12} s (=1 Millionstel einer Millionstel Sekunde) ablaufen. Beispiele sind die Primärprozesse der Photosynthese, die Elementarschritte chemischer Reaktionen, die Dynamik von Ladungsträgern in Festkörpern und Nanostrukturen sowie der Teilchen- und Energietransport in kondensierter Materie. Femtosekunden-Lichtimpulse (1 Femtosekunde = 1 fs = 10^{-15} s), die sich mit spezifischen Lasern in Spektralbereichen vom fernen Infrarot bis in das harte Röntgengebiet erzeugen lassen, bilden die Grundlage für die Beobachtung derartiger Phänomene in Echtzeit und geben damit direkten Einblick in die wesentlichen Wechselwirkungen auf atomarer und molekularer Ebene. Neben den optischen Eigenschaften lassen sich zunehmend auch ultraschnelle Strukturänderungen mit Ultrakurzzeit-Röntgentechniken direkt nachweisen.

Über die Grundlagenforschung hinaus haben Ultrakurzzeitmethoden breite Anwendung in der Technik gefunden. Die Übertragung und Verarbeitung von Information mit höchsten Raten, eine für das auf Glasfasernetzen beruhende Internet zentrale Technologie, nutzt (Sub)pikosekunden-Lichtimpulse in Verbindung mit schnellen Modulationstechniken. Im Bereich des medizinischen Imaging hat die optische Kohärenztomographie mit Femtosekundenimpulsen (OCT) Bedeutung für die Abbildung tieferliegender Gewebestrukturen erlangt. Auch die Zweiphotonenmikroskopie und andere optische Abbildungstechniken mit einer räumlichen Auflösung im Nanometerbereich beruhen auf dem Einsatz von Femtosekundenlasern. Femtosekundenimpulse ermöglichen die Bearbeitung von Materialien unter nicht-thermischen Bedingungen. Davon wird zunehmend bei der Mikrobearbeitung und bei der Strukturierung von Metallen und transparenten Werkstoffen, aber auch im biomedizinischen Bereich, z.B. der Augenheilkunde oder Zahnmedizin, Gebrauch gemacht.

Berlin verfügt über breites Know-how auf diesem Gebiet in einer Reihe von universitären und außeruniversitären Instituten. Beispielhaft seien hier zwei miteinander eng verbundene, besondere Konzentrationen genannt.

3.4.1 Sfb 450 „Analyse und Steuerung ultraschneller photoinduzierter Reaktionen“

Die Freie Universität hat Ultrakurzzeitspektroskopie als einen ihrer wichtigen Forschungsschwerpunkte identifiziert. In dem von der FU-Physik koordinierten [Sonderforschungsbereich 450](#) werden Laserpulse benutzt, die eine Dauer von nur einigen Femtosekunden haben können, um die Photoreaktivität von molekularen Systemen zu untersuchen und zu beeinflussen. Durch Formen des Lichtfeldes wird versucht, die Konstellation von Elektronen und Kernen zu stören, die resultierenden Bewegungsabläufe zu charakterisieren und sie synchron in ihrem Verlauf so zu lenken, dass ein gewünschter Zielzustand erreicht wird, der anders kaum zugänglich ist. Dieser Aspekt wird auch als „kohärente Kontrolle“ bezeichnet. Dafür sind Lichtfeld und Bewegung, Ursache und Wirkung, prinzipiell und im Zusammenhang zu verstehen.

Ein Ziel ist, die optische Analyse und Steuerung als verlässliches Werkzeug auch anderen Disziplinen zugänglich zu machen. Ein substantieller Teil dieses SFB's wird von Arbeitsgruppen des Fritz-Haber-Instituts der MPG (Dahlem), der Universität Potsdam, sowie der Humboldt-Universität und dem MBI in Adlershof getragen.

3.4.2 Max-Born-Institut für Nichtlineare Optik und Kurzpulsspektroskopie (MBI)

Das [MBI](#) betreibt Grundlagenforschung auf dem Gebiet der nichtlinearen Optik und Kurzdynamik bei der Wechselwirkung von Materie mit Laserlicht und verfolgt daraus resultierende Anwendungsaspekte. Bei der jüngsten Evaluierung durch den Senat der Leibnizgemeinschaft wurde dem MBI von einem international besetzten Gutachtergremium bescheinigt, dass es „eines der führenden Institute weltweit auf dem Gebiet der Ultrakurzpuls- und Höchstfeld-Licht-Materie-Wechselwirkung“ sei. Das Institut besetze inzwischen eine einzigartige Position in Deutschland und lasse sich mit den führenden Instituten in Europa und Nordamerika vergleichen. Weiter heißt es in dem Gutachten: „Auf dem Gebiet der Ultrakurzpuls- und Höchstfeldlaser kann keine deutsche Universität mit der technischen Breite und dem instrumentellen Standard am MBI konkurrieren. In ähnlicher Weise kann auch die Breite der Forschungsgebiete am MBI, die sich von der Physik bis zur Biologie erstrecken, nirgendwo anders gefunden werden.“ Nicht zuletzt aufgrund der zunehmenden Zahl von Kooperationsprojekten habe „die Anzahl der Veröffentlichungen und insbesondere deren Qualität, die herausragend ist, substantiell zugenommen“.

Im Rahmen seiner Applikationslabore konzentriert das MBI seine spezifischen experimentellen Ressourcen, um eine möglichst flexible, vielfältig einsetzbare und kostengünstige Nutzung von aufwendigen, hoch entwickelten Laseranlagen sicherstellen zu können. Diese Applikationslabore dienen auch verschiedenen Forschungsangeboten des MBI sowie der Zusammenarbeit von internen und externen Nutzern aus Forschung und Industrie.

3.5 Kooperationsplattformen der Mikrosystemtechnik (MST)

Als Querschnittstechnologie ist die Mikrosystemtechnik in vielen der nachfolgend beschriebenen Handlungsfelder in unterschiedlicher Ausprägung vertreten (z.B. Biomedizinische Optik, Sensorik, Diagnostik und Imaging, Beleuchtungstechnik, Fernerkundung und Optical Engineering sowie MST in der Lebensmitteltechnologie, Mikromedizintechnik und Mess- und Gerätetechnik). Nachfolgend werden zunächst die Profile der im Zentrum der Berliner Mikrosystemtechnik stehenden [ZEMI](#) Partner BAM, FBH, IPK, IZM dargestellt (die Partnerinstitute der TU wurden bereits in 2.3.1 beschrieben, auf BESSY wurde unter 3.1.2 ausführlich eingegangen). Sodann werden Organisationsformen erläutert, die für die Koordination und die effiziente Umsetzung in Produkte gebildet wurden – in der Regel als Drittmittel geförderte Projekte. In 3.6 werden sodann spezifische Anwendungsfelder charakterisiert.

3.5.1 BAM - Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung

Die experimentell arbeitende technisch-wissenschaftliche Bundesoberbehörde des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMW) arbeitet unter anderem an Fragestellungen zur Sicherheit und Zuverlässigkeit von mikrosystemtechnischen Komponenten bzw. Modulen. Schwerpunktthemen der BAM im Bereich der MST sind Hochleistungskeramik und Multilayertechnik für Mikrosysteme in der Sensorik und Biotechnologie (3D-Packaging mit keramischen Folien), Prozess- und Prüftechnik für Hochleistungskeramik, komplexe Prüfung von Sensoren sowie Oberflächen- und Schichttechnik.

3.5.2 Ferdinand-Braun-Institut für Höchstfrequenztechnik (FBH)

Das [FBH](#) erforscht Schlüsseltechnologien in der Mikrowellentechnik und Optoelektronik. Auf der Basis von III/V-Verbindungshalbleitern realisiert es Hochfrequenz-Bauelemente sowie Schaltungen und entwickelt hochbrillante Diodenlaser mit hoher Leistung und Zuverlässigkeit. Darüber hinaus führt das Institut grundlegende Untersuchungen an neuen Materialsystemen

wie Nitriden durch. Auf dem Gebiet der Mikrosystemtechnik erforscht und entwickelt das FBH Mikrosysteme aus hybriden Diodenlasern und mikrooptischen Bauelementen, unter anderem für Displays und die Sensorik.

3.5.3 Fraunhofer Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik (IPK)

Von der virtuellen Produktentwicklung über die Produktions- und Automatisierungstechnik bis hin zu Fragen des Unternehmensmanagements bietet das Fraunhofer IPK umfassende, anwendungsorientierte Systemlösungen. In diesem Rahmen wurde das "Zentrum für Mikroproduktionstechnik" (ZMPT) gegründet. Der Schwerpunkt der Forschungstätigkeiten liegt auf der Entwicklung von innovativen Prozessen für die Herstellung von Mikrokomponenten und -strukturen. Schwerpunktthemen sind Fertigungstechnologien, Werkzeugentwicklung, Maschinenoptimierung, Messtechnik / Prozesskontrolle sowie Produktionsorganisation.

3.5.4 Fraunhofer Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration (IZM)

Das [Fraunhofer IZM](#) schlägt mit seinen Arbeiten in enger Kooperation mit dem [Schwerpunkt Technologien der Mikroperipherik](#) der TU Berlin die Brücke zwischen der Mikroelektronik und deren Anwendung bzw. Integration in Produkte und Prozesse. Im Mittelpunkt stehen die Entwicklung von Technologien und die Lösung von Zuverlässigkeits-, Design- und Umweltfragen.

Grundlage der Arbeiten sind Erfahrungen zum Materialaufbau und Materialverhalten im Mikrobereich (z. B. bei Polymeren und Metallen) und zur mechanischen Zuverlässigkeit von Komponenten und Systemen. Die Erkenntnisse fließen in die Abschätzung der Lebensdauer von elektronischen Baugruppen ein. Ein weiterer Schwerpunkt sind Integrations- und Verbindungstechniken in der Chip- und Leiterplattenebene. Im Bereich der Baugruppe stehen die SMD-Montagetechnik, die Realisierung hochintegrierter Multichip-Module und Aufbautechniken für Powerelektroniken (z.B. Smart Power – Module oder High Brightness LEDs) im Mittelpunkt. Mit seinen Arbeiten bestimmt das Fraunhofer IZM zukünftige Entwicklungsrichtungen wie das „Wafer Level System Packaging“ oder „System in Package“ wesentlich mit. Schwerpunkte im Bereich der MEMS liegen auf dem Gebiet optischer, chemischer und biochemischer Sensoren und Systeme (z.B. lab on chip) sowie im Bereich Mikromechanik, Aktorik und Fluidik.

3.5.5 Anwendungszentrum „Smart System Integration“

Das vom BMBF geförderte Applikationsszentrum „Smart System Integration“, das beim Fraunhofer IZM angesiedelt ist, hat zur Aufgabe, exzellente Produktideen schneller in konkrete Applikationen bei kleinen und mittleren Unternehmen umzusetzen. Unternehmen wird dazu von der Technologieberatung über die Produktentwicklung bis hin zur Bereitstellung von Laborkapazitäten die gesamte Bandbreite technischer Dienstleistungen für erfolgreiche Innovationen angeboten. Denn gerade für die Realisierung von Ideen, die in bislang MST-fernen Anwendungsfeldern zu neuen und innovativen Produkten führen sollen, ist das integrierte Angebot von Beratung und Schulung bei technologischen Fragestellungen über die Realisierung von Produktideen bis hin zur Bereitstellung von Labor- und Fertigungskapazität oder dem Aufbau von Funktionsmustern sehr wichtig.

Berlin konnte mit dem Applikationszentrum „Smart System Integration“ als einem von 6 Standorten innerhalb Deutschlands seine führende Rolle in Deutschland im Bereich der Integration von Elektronik, Sensorik und Aktorik ausbauen.

3.5.6 Europäische Technologieplattformen „Nanoelektronik“ und „Smart System Integration“

Fraunhofer IZM ist eines der Gründungsmitglieder von ENIAC, der Europäischen Forschungsplattform für Nanoelektronik, deren Aufgabe es ist, Industrie und Wissenschaft zusammenzubringen und gemeinsam eine kohärente europäische Vision (Strategische For-

schungsagenda) für diesen Technologiezweig zu entwickeln. Dabei gilt es insbesondere, die relevanten Leistungsparameter zu identifizieren. Dies geschieht unter Berücksichtigung der kurz-, mittel- und langfristigen Herausforderungen, denen sich Europa bei der Verwirklichung einer Vision von der Netzwerkgesellschaft stellen muss. Die Ergebnisse fließen auch in die europäischen Forschungsrahmenprogramme ein.

Innerhalb der strategischen Forschungsagenda ist Berlin durch das Fraunhofer IZM für das "Heterogeneous Integration" zuständig und leitet dort ein Team aus Mitgliedern der führenden europäischen Mikroelektronikunternehmen und Forschungsinstitute. Aus wirtschaftlichen Gründen wird die Zukunft der europäischen Nanoelektronik aus der Kombination von 'More Moore' und 'More than Moore' Komponenten in einem Package bestehen. Bei solchen Lösungen profitiert die europäische, anwendungsgetriebene Industrie von einem extrem hohen Miniaturisierungsgrad.

Auch in der Europäischen Technologieplattform „Smart System Integration“ (EPoSS) ist Berlin durch den das IZM maßgeblich vertreten. Ähnlich ENIAC bringt diese Plattform Wissenschaft und Industrie zur Formulierung einer europäischen Strategie zusammen. Anders als bei der technologisch strukturierten Plattform ENIAC stehen bei EPoSS die Anwendungsfelder und damit insbesondere die Integration von Mikroelektronik/ Mikrosystemtechnik in Produkte im Mittelpunkt, so etwa in der Medizintechnik oder der KFZ-Technik.

3.5.7 European Center for Information and Communication Technologies (EICT)

Das EICT ist eine Public-Private-Partnership von vornehmlich Berliner wissenschaftlichen Institutionen, Einrichtungen der angewandten Forschung und führenden Industrieunternehmen. Bei allen Projekten und Initiativen geht es um das Potential, das die globale Informations- und Kommunikationstechnologie im Alltagsleben hat. Partner sind die TU Berlin, die Fraunhofer Gesellschaft sowie die Deutsche Telekom, Siemens und Daimler Chrysler. Die strategische Innovationspartnerschaft bündelt und vernetzt gezielt die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten von Industrie und Wissenschaft in der Informations- und Kommunikationstechnologie. EICT verfolgt ein langfristiges Engagement der Partner und hat seinen Sitz auf dem Campus der Technischen Universität in Berlin. Durch die räumliche Nähe werden die unterschiedlichen Kompetenzen und Ressourcen der EICT-Partner zusammengeführt und der gezielte Wissens- und Technologietransfer gefördert. Zum einen, um langfristige Forschungsprogramme und -themen voranzutreiben. Zum anderen, um diese entlang der Wertschöpfungskette beschleunigt in marktfähige Produkte und Dienstleistungen umzusetzen.

3.5.8 European Center for Micro- and Nanoreliability

Im European Center for Micro- and Nanoreliability (EUCEMAN) werden interdisziplinäre Forschung und Entwicklung sowie die Kooperationen in ausgewiesenen Bereichen der Mikro- und Nanoreliability vorangetrieben. Hauptaufgabe des Zentrums ist die enge Vernetzung zwischen Forschungsinstitutionen und der Industrie, wobei ein besonderes Augenmerk auf der Erzeugung von Synergien innerhalb der EU-Mitgliedsstaaten liegt. Auf Berliner Seite ist das IZM maßgeblich in die Koordination von EUCEMAN eingebunden. Bei Bedarf an Dienstleistungen zur Lösung von aktuellen Problemen auf dem Gebiet der Zuverlässigkeit steht den Unternehmen der Region Berlin zusätzlich das Micro Materials Center zur Verfügung.

3.6 Spezielle Anwendungen der Mikrosystemtechnik

3.6.1 Autark verteilte Mikrosysteme

In enger Zusammenarbeit von Forschungseinrichtungen der TU Berlin, dem Fraunhofer IZM, dem Ferdinand-Braun-Institut für Höchstfrequenztechnik mit der Berliner Industrie wurden in dem vom BMBF geförderten Projekt „Autark verteilte Mikrosysteme“ erste Schritte in Richtung autarker, hochkomplexer Systeme unternommen. Die Vision dieser sogenannten e-

Grains konnte sogar in erste industrielle Anwendungen transferiert werden. Als Applikationsbeispiel wurde das Prinzip für ein industrielles Temperatursensorsystem angewandt und erprobt. Temperatursensor, Sender- Empfänger Chip, Mikrocontroller, Antenne, Quarze, passive Bauelemente und Batterien wurden mit hoher Verdrahtungsdichte in Abmessungen von $10 \times 10 \times 10 \text{ mm}^3$ untergebracht.

3.6.2 FreshScan

Das Projekt FreshScan vereint Forscher aus dem Ferdinand-Braun-Institut für Höchstfrequenztechnik (FBH), der Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel (BfEL), dem Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim (ATB) und der Technischen Universität Berlin (Institut für Optik und Atomare Physik Technologien der Mikroperipherik). Koordiniert wird das Projekt vom Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration (IZM) in Berlin. Die Wissenschaftler im Projekt FreshScan arbeiten an einem Verfahren, das mithilfe von Laserlicht den Frischegrad von Fleisch erkennen und dokumentieren kann. In den nächsten drei Jahren soll hierzu ein Funktionsdemonstrator entstehen, der aus zwei Komponenten zusammengesetzt sein wird: aus einem intelligenten Etikett, das wie eine Art Laufzettel funktioniert und den Zustand des Fleisches von der Schlachtung bis zum Verkauf dokumentiert, sowie aus einer Laserpistole, die zum einen den Zustand des Fleisches erfasst und ihn zum anderen gleich in das intelligente Etikett schreibt. Überdies wollen die Experten eine kontinuierliche Temperaturmessung und -aufzeichnung über das Etikett ermöglichen, sodass jede Unterbrechung der Kühlkette dokumentiert würde.

3.6.3 Mikrosystemtechnik für die Lebensmitteltechnologie

Im Bereich Agrar- und Lebensmitteltechnologie hat ZEMI im Jahr 2005 EMIL-NET (Entwicklung von Mikrosystemtechnik für innovative Lebensmittelerzeugung) gestartet. EMIL-NET vernetzt führende Forschungseinrichtungen und zukunftsorientierte Unternehmen aus den Bereichen Mikrosystemtechnik und Lebensmitteltechnologie. Durch diese Verbindung entsteht eine "Innovationsmaschine" für die effiziente Entwicklung von hoch wettbewerbsfähigen Techniken und Systemlösungen zum Einsatz in Verfahrensketten der Lebensmittelerzeugung und -verarbeitung. So sollen beispielsweise Logistik- und Kühlketten künftig lückenlos dokumentiert und der Frischegrad von Lebensmitteln zweifelsfrei nachgewiesen werden können.

Neben zahlreichen KMU sind folgende wissenschaftliche Einrichtungen Partner an EMIL-NET beteiligt: BAM, BESSY, FBH, IPK, IZM, Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der HU Berlin (IASP), TU Berlin - Institut für Konstruktion, Mikro- und Medizintechnik.

Das Leistungsprofil geht von der Primärerzeugung (wie z. B. Sensoren für die Produktzustandskontrolle) über Lagerung, Logistik (z. B. Automatisierte Überwachung des Produktzustandes) und Verarbeitung (z. B. Sensorische Reststofffassung und Risikobeurteilung) bis hin zum Verbraucher (z. B. Intelligente Etiketten für Rückverfolgbarkeit und Warenqualität).

3.6.4 Mess- und Gerätetechnik

Die Mess- und Gerätetechnik als spezielle Gruppe aus dieser Branche hat vor dem Hintergrund der Ansiedlung einer Vielzahl von Hochschulen und Forschungseinrichtungen in Berlin-Brandenburg einen enorm hohen Stellenwert. Herausgestellt werden soll hierbei insbesondere der wissenschaftliche Gerätebau. Auf der Suche nach technologischen Innovationen bietet die zunehmende Berücksichtigung mikrosystemtechnischer Lösungen Innovationspotenzial bei der Entwicklung neuer Mess- und Gerätetechnik. Zu nennen wären hier die optische Mess- und Gerätetechnik (z. B. Produktionslösungen für großflächige Mikrostrukturierung optischer Systeme wie z. B. Displaytechnologie), die verfahrenstechnische Gerätetechnik (z. B. Entwicklung von autarken Energieversorgungssystemen für mobile Gerätetechnik wie Mikrobrennstoffzellen) sowie sensorische, mechatronische und adaptronische

Systeme (z. B. Produktionslösungen für feinwerktechnische oder mikromechanische Handling-, Positionierungs- und Werkzeugsysteme).

Berliner und Brandenburger Unternehmen und Forschungseinrichtungen sollten verstärkt auf den Gebieten Funktionalitätssteigerung durch Integration mikrosystemtechnischer Bauelemente und Miniaturisierung konventioneller Mess- und Gerätetechnik zusammenarbeiten. Vorab gilt es jedoch, den Informationsaustausch zu vertiefen und die Kommunikationswege zu verkürzen.

3.6.5 Wide Band Semiconductors (WideBaSe)

Halbleiter, die sich durch eine relativ große Bandlücke auszeichnen, werden als **wide-band-gap semiconductors** (WideBaSe) bezeichnet. Diese spezielle Form von Halbleitern haben ein außerordentlich breites Anwendungsspektrum in der Mikro-, Nano- und Optoelektronik.

Im elektronischen Bereich werden mit diesen wide-band-gap semiconductors (Halbleiter auf der Basis von Galliumnitrid, Zinkoxid und Siliciumkarbid) neuartige Hochleistungs-Systeme in der Hochfrequenztechnik und Leistungselektronik möglich, mit vielfältigen Anwendungen in der Kommunikations-, der Verkehrs- und der Energietechnik sowie in der Sicherheitstechnik. Im optischen Bereich ergeben sich mit der Realisierung von kompakten und effizienten, sichtbaren und UV-Lichtquellen extrem chancenreiche Anwendungen, z.B. im Bereich der Beleuchtung, der Displaytechnologie, der Sensorik und der Desinfektion von Trinkwasser. Die Anwendungen haben ein sehr großes wirtschaftliches Potenzial, das sich in weiten Bereichen auch in der Region Berlin-Brandenburg umsetzen lässt.

In den Berliner Universitäten sowie den außeruniversitären Forschungseinrichtungen findet sich eine bundesweit einzigartige Konzentration von Kompetenzen zur Forschung und Entwicklung von Halbleitersystemen auf der Basis von Halbleitern großer Bandlücke (WideBaSe): (i) im Bereich der Materialien realisiert das Leibniz-Institut für Kristallzüchtung Volumenkristalle, das FBH und die Institute für Physik der Humboldt-Universität und der Technischen Universität erforschen und nutzen die Epitaxie von Nitriden und Zinkoxid; (ii) im Bereich der Komponenten realisieren das FBH und das IZM elektronische und optische Bauelemente und Module; (iii) IZM und FBH arbeiten zudem zur Integration von Modulen mit Halbleitern großer Bandlücke in elektronische und optische Systeme; (iv) das Weierstraß-Institut unterstützt diese Forschungseinrichtungen mit seinen Verfahren der angewandten Mathematik beim Design von Komponenten und Modulen und bei der Simulation von Fertigungsprozessen.

*Es gilt, dieses einmalige regionale Potenzial zu bündeln und die Erforschung, Realisierung und Anwendung dieser **wide-band-gap semiconductors** voranzutreiben.*

3.7 Technische Anwendungen der Optik, und Lasertechnik

3.7.1 Optisches Design und Laser-Materialbearbeitung

Die bisher an der TU durch einen Lehrstuhl vertretene technische Optik wird (s. 2.3.1) durch die in Kürze zu besetzende Professur „Röntgenoptik“ ersetzt. Damit wird die erfolgreiche Tradition auf einem modernen Gebiet fortgesetzt. „Optical Engineering“ in einem klassisch, technischen Sinne, also Fragen der Auslegung und Prüfung von Optischen Systemen, ist heute ein sehr ausgereiftes Wissensgebiet. Die Arbeitsgruppe regt an, dieses Themenfeld verstärkt an den Fachhochschulen zu pflegen. Für den Studiengang „Master of Optical Sciences“ sollte dieses Themenfeld durch Lehraufträge abgedeckt werden.

Das Feld moderner Bearbeitungstechnologien mit Laserverfahren ist für die einschlägige Industrie ebenfalls ein wichtiges Thema. *Die Arbeitsgruppe regt an, im Rahmen des Maschinenbaus an der TU-Berlin zu prüfen, wie weit man hier einen deutlichen Akzent setzen und auf diese Weise auch die Kontakte zur der in Berlin-Brandenburg angesiedelten, hochkaräti-*

gen *FeinOptischen Industrie stärken könnte*. Daneben sei darauf hingewiesen, dass in mehreren Instituten in Berlin-Brandenburg Projekte zur Anwendung der Lasertechnik in der Präzisionsbearbeitung von Materialien durchgeführt werden (z.B. [MBI](#) und [LMTB](#)).

Entsprechendes Know-how wird auch im Laserverbund Berlin-Brandenburg gepflegt. Der Laserverbund ist eine regionale Fördergemeinschaft, die Kontakte zwischen Wissenschaft und Wirtschaft auf dem Gebiet von Laserforschung und -entwicklung sowie deren breite Anwendung befördern will. Dazu schafft der Laserverbund verschiedene Foren und Anwendertreffen, auf denen sich Forscher, Entwickler und Anwender begegnen und so sehr praktisch zum Wissenstransfer in dieser wichtigen Fachdisziplin beitragen.

3.7.2 Diodenlaser und Leuchtdioden

In Berlin befindet sich eine einzigartige Vielfalt von Firmen sowie Forschungs- und Hochschulinstituten, die Diodenlaser und Leuchtdioden entwickeln und für vielfältige Anwendungen einsetzen (FBH, HHI, TU Berlin u.a.). Die enge Zusammenarbeit der Partner erlaubt die Realisierung von neuen Produkten auf allen Stufen der Wertschöpfungskette. Die aktuelle Forschung, Entwicklung und Fertigung reicht hier von langwelligen Diodenlasern auf Indiumphosphid-Basis für Kommunikationsanwendungen über Diodenlaser auf Galliumarsenid-Basis für Anwendungen in der Lasertechnologie, Kommunikations- und Informationstechnik, Sensorik, Medizintechnik und Raumfahrt, sowie Diodenlaser auf Galliumnitrid-Basis für Anwendungen in der Sensorik und Kommunikations- und Informationstechnik bis hin zu Leuchtdioden auf Galliumarsenid- und Galliumnitrid-Basis für die Sensorik, Kommunikation und Beleuchtung.

Anwendungsbereiche für die genannten Diodenlaser und Leuchtdioden in Systemen sind die Lasertechnologie (Pump- und Seed-Diodenlaser), Materialbearbeitung, Sensorik, Medizintechnik und Bio- und Umwelttechnologie, Kommunikationstechnik und Optische Nachrichtentechnik, Informations- und Displaytechnik, Beleuchtung sowie Weltraumanwendungen.

3.8 Organische Elektronik und optische Materialien

Im Zuge der rapide fortschreitenden Miniaturisierung in der Mikroelektronik und Sensorik besitzen Moleküle als Bausteine einer künftigen „molekularen Nanotechnologie“ das Potential einer extremen Integration funktioneller Eigenschaften. Dem Gebiet der organischen Elektronik wird daher großes wirtschaftliches Potenzial zugeschrieben, da hierbei extrem kostengünstig maßgeschneiderte Materialien für Lichtquellen (OLD), Solarzellen und andere optoelektronische Anwendungen reproduzierbar hergestellt werden können.

3.8.1 Sfb 658 „Elementarprozesse in molekularen Schaltern an Oberflächen“

Der von der FU-Physik koordinierte [Sonderforschungsbereich 658](#) bildet gewissermaßen die Brücke zwischen Kurzzeitspektroskopie und Optik einerseits und der organischen Elektronik andererseits. Das kontrollierte Schalten zwischen mikroskopisch unterschiedlichen molekularen Zuständen wird dabei eine zentrale Rolle spielen. Hierfür liefert die Natur ein attraktives Vorbild durch molekulare Schaltprozesse, welche häufig – wie etwa bei Photorezeptoren – durch optisch induzierte Konformationsänderungen vermittelt werden. Die Realisierung von Schaltfunktionen erfordert die Synthese geeigneter molekularer Nanosysteme und ein grundlegendes Verständnis ihrer strukturellen und elektronischen Eigenschaften einschließlich der Wechselwirkung mit der Umgebung, insbesondere mit Festkörperelektronen. Der Sfb 658 untersucht die Grundlagen molekularer Schaltprozesse, ausgelöst durch externe Stimuli an wohl definierten molekularen Systemen im Kontakt mit Festkörperoberflächen. Untersucht werden reversible Übergänge am Einzelsystem und im Ensemble zwischen Zuständen, die mit einer molekularen Konformationsänderung verbunden sind und eine messbare Änderung der Funktionalität, d. h. optischer, elektronischer und magnetischer Eigenschaften des Systems bewirken. Hierzu wird ein breites Methodenspektrum mit gezielter Synthese molekula-

rer Schalter, Charakterisierung der strukturellen, Optischen und elektronischen Eigenschaften und theoretischer Modellierung eingesetzt. Langfristig sollen neuartige Funktionalitäten, wie z. B. kooperative Schaltprozesse, realisiert und Kriterien für Anwendungen in molekularen Funktionselementen erarbeitet werden.

3.8.2 Sfb 448 „Mesoskopisch strukturierte Verbundsysteme“

Der mesoskopische Größenbereich zwischen der atomaren Skala einerseits, und der makroskopischen Skala andererseits ist für die organische Elektronik von grundlegender Bedeutung. Völlig neuartige Perspektiven eröffnen einzelne Makromoleküle an Grenzflächen, wo die scharfe konzeptionelle Unterscheidung zwischen Molekül, Material und Bauelement ihre Bedeutung verliert. Der von der HU-Physik koordinierte [Sonderforschungsbereich 448](#) erforscht organische Materialsysteme, die auf einer Längenskala weit über jener der atomaren Bausteine strukturiert sind, deren charakteristische Strukturgrößen aber andererseits noch so klein sind, dass die Systemeigenschaften wesentlich von diesen Strukturierungen bestimmt sind. Ein Schwerpunkt sind geschichtete, optoelektronisch aktive Materialien für optisch und elektronisch aktive Funktionseinheiten. Die mesoskopische Struktur soll hier genutzt werden, um die Effizienz eines photoinduzierten Ladungs- oder Energietransfers zu kontrollieren und etwa für die Lichtemission, die Lichtsammlung oder die Photovoltaik nutzbar zu machen.

3.8.3 Optische Materialien in Potsdam und Golm

An der Universität Potsdam, am Fraunhofer Institut für Angewandte Polymerforschung (IAP) in Golm und am Institut für Dünnschichttechnologie und Mikrosystemtechnik (IDM) in Teltow werden in diesem Kontext überwiegend polymere Materialien untersucht. Im Hinblick auf die spätere wirtschaftliche Nutzung wurden diese Aktivitäten u.a. durch das Land Brandenburg im Rahmen des HWP-Projekt „CIMAT“ (Centre of Innovative Materials for Advanced Technologies) großzügig unterstützt.

In mehreren Arbeitsgruppen der Universität werden organische Halbleiter z.B. als ultradünne Schichten oder nanostrukturierte hergestellt und mit verschiedenen Optischen Methoden charakterisiert. Die Untersuchungen reichen von sehr grundlagennahen Arbeiten bis zur Dynamik nach optischer Anregung bis hin zur Realisierung technischer Devices. Die Arbeiten sind national und international hervorragend eingebunden.

Mehrere Verbundprojekte, z.T. mit sehr potenten industriellen Partnern, belegen das technologische Potenzial dieser Materialien und das hohe wirtschaftliche Interesse etwa im Bereich der polymeren LED's (lichterzeugende Dioden) für Beleuchtungszwecke oder für polymerbasierte Solarzellen. In Zusammenarbeit mit nationalen Partnern konnte die Universität Potsdam kürzlich polymerbasierte organische Leuchtdioden und Solarzellen mit Weltrekord-Effizienzen realisieren. Grundlage dieser Erfolge bildet das in Potsdam über viele Jahre etablierte Know-how zu den elementaren physikalischen Prozessen in diesen optoelektronischen Bauelementen sowie die Erfahrung im Aufbau komplexer Strukturen aus Polymeren. Diese Aktivitäten würden durch die geplante Einrichtung einer auf organische Materialien ausgerichteten Gruppe am HMI (siehe 3.8.4) eine wichtige und richtungweisende Unterstützung erhalten.

Das Fraunhoferinstitut für Angewandte Polymerforschung arbeitet zusammen mit verschiedenen Universitäten und industriellen Partnern im In- und Ausland, z.T. im Rahmen von INNO WATT und InnoNet Projekten an funktionalen Oberflächen und Optischen Elementen auf der Basis optisch schaltbarer Polymere. Dies schließt auch die Synthese konjugierter Polymere für elektronische und optoelektronische Anwendungen, insb. elektronentransportierende Polymere für Solarzellen und organische Feldeffekttransistoren ein und geht wiederum bis hin zur Deviceentwicklung.

An dem ebenfalls in Golm angesiedelten MPI für Kolloid- und Grenzflächenforschung, MPI-KG, stehen zwar für die Optik relevante Materialien nicht im Vordergrund. Die dort vorhandene Expertise könnte sich jedoch in einem größeren Verbund, wie er für eine kompetitive Bearbeitung des Themenfelds Organische Elektronik und optische Materialien notwendig wird, eine wichtige Ressource bilden. Dagegen werden optische Methoden wie die Mikroskopie bis hin zur Röntgenmikroskopie und Röntgenstrukturanalyse bei BESSY zur Charakterisierung der Eigenschaften der am MPI-KG entwickelten Systeme intensiv genutzt. Hier bestehen auch enge Kooperationsbeziehungen mit der Humboldt-Universität in Adlershof.

3.8.4 Hahn Meitner Institut und BESSY

HMI und BESSY befinden sich in der Planung für ein gemeinsames Institut, an dem Photonen und Neutronen aus einer Hand für die Strukturforschung angeboten werden sollen und die Materialforschung gezielt in Bereichen ausgebaut werden soll, die besonders von diesen beiden Quellen profitieren. Hierzu gehören magnetische Materialien sowie mikro- und nanostrukturierte Funktionsmaterialien.

In diesem Zusammenhang ist die Einrichtung einer Gruppe, die organische Materialien mit elektronischen und/oder optischen Anwendungen erforscht, geplant. Zusammen mit dem Arbeitsgebiet der organischen Solarzellen soll hier ein neuer Schwerpunkt geschaffen werden. Die sehr gute Infrastruktur im Raum Berlin (HMI, Bessy) sollte für Strukturforscher und Synthetiker sehr attraktiv sein. Berlin und Brandenburg haben bei konzertierter gemeinsamer Anstrengung hervorragende Chancen auf diesem Zukunftssektor rasch eine Spitzenposition zu erringen.

Um dieses gesamte Arbeitsgebiet international wettbewerbsfähig abzurunden, empfiehlt die Arbeitsgruppe darüber hinaus der Humboldt-Universität, insbesondere im Rahmen künftig anstehender Berufungen in der Physik und Chemie, ihre Aktivitäten auf dem Gebiet der molekularen, optisch relevanten Materialien nachdrücklich auszubauen und ergänzend auszurichten, sodass sie einen entscheidenden Beitrag im Verbund mit diesen starken Partnern leisten kann. Sofern es gelingt, dieses Themenfeld auf internationalem Spitzenniveau zu etablieren, wäre dies ein ganz herausragendes Alleinstellungsmerkmal für die Region Berlin und könnte sich als wesentliches „Asset“ bei der Ansiedlung einer Industrie entwickeln, die zweifellos außerordentliche Wachstumspotenziale entfalten wird.

3.9 Photovoltaik

Photovoltaik, die direkte Umwandlung von Sonnenlicht in elektrische Energie, ist einer der weltweit am stärksten wachsenden Industriezweige. Dabei nimmt Deutschland eine führende Rolle ein. Damit das große Potenzial der Photovoltaik zur Energieerzeugung in hohem Maß ausgeschöpft werden kann, besteht sowohl im Bereich der Grundlagenforschung als auch in der Technologieentwicklung umfangreicher Forschungsbedarf. Eine große Herausforderung besteht auch hier in der Ausbildung von wissenschaftlichem und technischem Nachwuchs.

3.9.1 Hahn-Meitner-Institut Berlin (HMI)

Das HMI ist eine der führenden [Forschungseinrichtungen in der Photovoltaik](#) weltweit. Unterschiedliche Arbeitsschwerpunkte sind am Standort Wannsee bzw. in der Abteilung Silizium Photovoltaik in Adlershof konzentriert. Das HMI stellt sich der Aufgabe, neue Materialien und Technologien zur Nutzung der Solarenergie zu entwickeln. Ziel ist es, die Ergebnisse grundlegender Materialforschung und Prozessentwicklung in die Anwendung zu überführen. So werden hier Forschungsarbeiten an Materialien für die Photovoltaik über die Entwicklung von Bauelementen bis hin zur Prozesstechnologie für neue, kostengünstige Dünnschicht-Solarzellen durchgeführt. Die Arbeiten in der Photovoltaik (PV) am HMI konzentrieren sich neben Dünnschichtmaterialien und -konzepten für Silizium und Verbindungshalbleiter, wie CuInS_2 (CIS), auf neue Materialien und Konzepte für Solarzellen der übernächsten Generati-

on. Für diese Untersuchungen ist neben den ausgefeilten präparativen und analytischen Labortechniken der direkte Zugang zu den Großgeräten (z.B: Bessy) und der vielfältige methodische Überlapp mit den primär an den Großgeräten forschenden Gruppen ein wichtiger Standortvorteil.

Das Hahn-Meitner-Institut ist an einer Vielzahl von nationalen und internationalen Projekten federführend beteiligt. Ein Beispiel ist das EU-Projekt „Athlet“, das größte europäische Verbundprojekt zu Dünnschichtsolarzellen.

3.9.2 Kompetenzzentrum Dünnschicht- und Nanotechnologie für Photovoltaik Berlin¹⁰

Die Zukunftstechnologie Photovoltaik erfolgreich und langfristig zu etablieren und auszubauen erfordert den kontinuierlichen Wissenstransfer aus einer nachhaltigen und grundlegenden Forschung und Technologieentwicklung. Dabei müssen die Anstrengungen in Forschung und Ausbildung deutlich verstärkt werden, um dem internationalen Wettbewerb standzuhalten. Diese Aufgaben sind mit der bestehenden wissenschaftlichen und technischen Infrastruktur in der Region nicht zu meistern. **TU-Berlin, Hahn-Meitner-Institut** und **Industrie** wollen in Partnerschaft und mit Hilfe der öffentlichen Hand die notwendigen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten vorantreiben und planen dazu den Aufbau und Betrieb eines Kompetenzzentrums „Dünnschicht- und Nanotechnologie für Photovoltaik Berlin“.

3.10 Optische Technologien für das Internet

Dieses stark marktgetriebene Handlungsfeld wird im Rahmen der Vernetzungsaktivitäten von OpTecBB intensiv vorangetrieben. Von zentraler Bedeutung sind dabei die Arbeiten am Fraunhofer Institut für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut (HHI), das schon in 2.3.4 charakterisiert wurde. Es ist eng mit dem entsprechenden Berliner Technologieschwerpunkt Informationstechnik verbunden, basiert aber überwiegend auf optischen Technologien und Methoden. Da es sich um ein technisch bereits sehr weit fortgeschrittenes Themenfeld handelt und auch die Marktumsetzung sehr aktiv ist, sei hier nur ein aktuelles, herausragendes Projekts beispielhaft genannt:

3.10.1 Berlin Access: Fiber-to-the-Home

Sechs Unternehmen und das HHI haben sich innerhalb von OpTecBB zusammengeschlossen, um weit über die Grenzen von DSL hinaus einen verzögerungsfreien, multimedialen Zugang zum Internet zu erreichen. Gemeinsam soll Fiber-to-the-Home (FTTH), also der Glasfaserteilnehmeranschluss, vorangetrieben werden.

Das vom Zukunftsfonds Berlin geförderte Verbundprojekt "Berlin Access" will neue Wege in den Bereichen Hardware und Netzkonzepte beschreiten, um die Kosten optischer Breitbandzugänge und damit deren Einführungsschwelle drastisch zu senken. Dabei sollen die Netze und deren Steuerung mit Hilfe geeigneter Simulationssoftware und Labortests unter ökonomischen Gesichtspunkten optimiert und die Hardware den Anforderungen einer kostengünstigen Massenfertigung angepasst werden. Der optoelektronische Wandler beim Teilnehmer (Transceiver) soll beispielsweise auf der Basis optischer Polymere in miniaturisierter Form und mit Hilfe automatischer Bestückung integriert werden.

Neben Teilnehmeranschlüssen für Privat- und Geschäftskunden sollen auf der Grundlage von FTTH neue Breitbandanwendungen in der Medizin erprobt werden. Partner für dieses Einsatzgebiet ist das Institut für Pathologie der Berliner Charité.

¹⁰ [Geplantes Kompetenzzentrum Dünnschicht- und Nanotechnologie für Photovoltaik Berlin \(TU-Berlin und HMI\)](#)

3.11 Medizintechnik und Biomedizinische Optik

Dieses wichtige Themenfeld hat ein sehr großes Potenzial, gerade in Berlin: Hier gibt es einerseits eine breite Kompetenz in der Mikrosystemtechnik und in den Optischen Wissenschaften, andererseits finden sich hier die entsprechenden marktstarken Anwender - mit den zahlreichen Kliniken und klinischer Forschung auf höchstem Niveau, einer gut ausgebauten Lasermedizin, einer Pharmabranche, die wesentliche Umsätze mit Markersubstanzen für den optischen und Röntgen-Spektralbereich macht. Eine Vielzahl von außeruniversitären und universitären Forschungseinrichtungen, die Charité mit über 2.500 Forschungsprojekten, und über 4.000 Wissenschaftlern, 8 Technologieparks in der Region mit dem Schwerpunkt Medizintechnik und verschiedene Kompetenznetze prägen die Landschaft.

An der TU Berlin haben sich 25 Fachgebiete zum Thema Medizintechnik im [ZIG – Zentrum für Innovative Gesundheitstechnologie](#) zusammengeschlossen, um durch gemeinsame interdisziplinär ausgerichtete Arbeit Innovationen im Bereich der Gesundheitstechnologie und Gesundheitswirtschaft zu schaffen. Ein Biophotonik-Cluster in Potsdam-Golm befindet sich in der Vorbereitung. OpTecBB bemüht sich um aktive Gestaltung von F&E-Kooperationen, z.B. durch einschlägige Workshops, Fokusseminare und Anwendertreffen. Im Bereich der Medizintechnik gibt es bereits eine starke Vernetzung zwischen medizintechnischen Unternehmen, Kliniken und Unternehmen, die in angrenzenden Technologiefeldern, wie z. B. der Lasertechnologie, tätig sind.

3.11.1 Mikromedizintechnik

Die Miniaturisierung bei der medizintechnischen Produktentwicklung führt fachübergreifend mikrooptische, mikrofluidische und mikromechanische Techniken zu Systemen zusammen. Aktive Bewegungselemente und Sensoren werden zu implantierbaren, funktionsunterstützenden und intelligenten Systemen kombiniert. Beispielhaft sind folgende Zukunftsfelder zu nennen: Minimal Invasive Medizin (Strategien zur Modularisierung und Miniaturisierung von Sensoren und Aktoren, z. B. für Überwachung von Körperfunktionen und Medikamentenbeigabe, um weitere Anwendungsfelder zu erschließen), Implantattechnik (Aktive Epithesen zur Nachbildung von menschlicher Motorik durch Integration von MEMS und miniaturisierten mechatronischen Systemen), Medizintechnikwirtschaft (Mikrosensoren zur Schnell-Analysetechnik).

3.11.2 Berührungslose, schonende Informationsgewinnung in Medizin und Biologie

Die moderne Optik eröffnet eine Fülle neuer Möglichkeiten in Medizin und Biologie. Hier seien nur einige Aspekte, stichwortartig zusammengestellt:

Moderne Röntgentechniken mit weitgehender Reduktion der Dosis durch Bildverstärkung, kompakte, energieeffiziente Röntgenquellen und innovative Röntgenoptik, Fluoreszenzoptische Analysemethoden *in vitro* und *in vivo*, Multiphotonenmikroskopie, Time correlated single photon counting (TCSPC), FRET.

Innovative Marker (Antikörper+TAG, Halbleiter-Nanopartikel) bieten tiefgehende Informationen über biologische Prozesse über und können gleichzeitig die Brücke zur Biotechnologie schlagen. Hier ist in der Region ein besonders Potential vorhanden.

Klassische Techniken wie das Mikroskop werden um neue Potenziale erweitert: Fluoreszenzdiagnostik, konfokale Zweiphotonen Mikroskopie (in die Tiefe des Gewebes schauen), Mikroskopie mit UV- und EUV Licht; Optoakustische Mikroskopie; Optische Tomografie (PTB und IZP), OCT (Optical Coherence Tomography) sind zu nennen. Auch hier gibt es viel regionales Potenzial, das durch geeignete Kooperationen zur Wirkung gebracht werden sollte.

3.11.3 Perspektiven und Vision für die nahe Zukunft

Integrierte Optik in der Medizin, optische Sensoren beispielsweise für pH, pO₂, pOH, O₂- und Ca²⁺-Sättigung sowie Zuckergehalt des Blutes, mittels dauerhaft am Patienten getragener Sensoren und automatischer Meldung der Messergebnisse an Klinik; Arztkontakt über Funk, (online Monitoring über Mobile-Phone) erlauben schonende, Patientenbehandlung in häuslicher Umgebung. Ambulante Behandlung senkt Kosten bei gleichzeitig verbesserter Betreuung. Dies erfordert auch die Verbindung zu den regionalen IuK-Aktivitäten („Vernetzte Metropole“).

Weitere Ansätze sind: Kombinierte Diagnostik und Therapie mit neuen Röntgentechniken; Femtosekundenlaser zur schonenden Gewebebehandlung; ständiges Monitoring, Bildverarbeitung, Speichern, vergleichen; Melanomanalyse durch Mehrphotonenmonitoring (LTB Berlin); photodynamische Therapie mit Zweiphotonenprozessen bei Hautkrebs; POC-Diagnostik (s. Uni Potsdam) mit Brahms AG/Hennigsdorf (Weltmarktführer für homogene Fluoreszenzimmunodiagnostik!); *in vivo*, intrazellulär, Messtechnik etc.

3.11.4 Imaging

Bildgebung (Imaging) ist eine Technologie, die medizinische Kernthemen wie Herz/Kreislauf, Magen- Darm-Erkrankungen und Onkologie in ausgeprägtem Maße betrifft und in zahlreichen medizinischen Disziplinen besondere Bedeutung hat. Sie ist hervorragend geeignet, Querschnittstechnologien wie Optik, Mikrosystemtechnik und Nanotechnologie, in die Medizin und Medizintechnik zu integrieren. In der modernen Bildgebung kommen neben den klassischen Methoden wie Röntgentechnik, Ultraschall, Computertomographie (CT) und Magnetresonanztomographie (MRT) zunehmend optische Verfahren und bildgebende Technologien aus der Nuklearmedizin, wie z.B. die Positronen-Emissions-Tomographie (PET) oder die Single Photon Emission Computed Tomography (SPECT) zur Anwendung, da diese geeignet sind, den Einsatz von invasiven diagnostischen Prozeduren zu verringern bzw. teilweise sogar zu ersetzen. Um die verteilten regionalen Aktivitäten im Bereich Bildgebung in Wissenschaft, Kliniken und Unternehmen zusammenzuführen, wurde das "Imaging Netzwerk Berlin (INB)", gegründet. Auf Grund der historischen Situation gibt es außerdem eine Vielzahl von Unternehmen, für die Bildverarbeitung zum Geschäftsmodell gehört, eine Reihe von ihnen in Berlin- Adlershof.

Leider wird das Know-how, welches die Region im Umfeld des Imaging im optischen Bereich, bei der Bildverarbeitung und ggf. auch bei den Lasertechniken zu bieten hat (z.B. [DLR](#), [IMAF](#), [GFZ](#), ggf. auch [MBI](#)) bislang in diesem Themenfeld allenfalls in Anfängen genutzt. Bemerkenswerterweise gibt es auch keine einzige Berliner Institution, die Mitglied im [„European-Molecular-Imaging-Laboratory Network“](#) ist, in dem sich die offensichtlich führenden Institutionen des Feldes zusammengeschlossen haben.

Insgesamt kann man für das Themenfeld Medizintechnik und Biomedizinische Optik feststellen, dass es bereits eine hohe Dichte an Netzwerken, Innovations- und Vermarktungsinitiativen gibt, dass aber die aktive, inhaltliche Kooperation zwischen den Akteuren der Region - unter Einschluss der optischen Wissenschaften - noch deutlich verstärkt werden könnte. Die Ausgestaltung und Konkretisierung der Kooperationsprozesse bedarf offenbar in diesem Feld einer besonderen Anstrengung – auch der Wissenschaft -, um nachhaltig fruchtbar werden zu können und die enormen Chancen der Region, die gerade im Zusammenwirken von Biologie, Medizin, Optik und Mikrosystemtechnik liegen, voll zu entfalten.

3.12 Fernerkundung

Fernerkundung („Remote sensing“) gewinnt für eine ganze Reihe von Anwendungsfeldern zunehmend an Bedeutung. Das Spektrum reicht von der Weltraumforschung über Sattellitenavigation, Erderkundung und Waldbrandfrüherkennung bis hin zur Kartierung von Schad-

stoffen und Treibhausgasen in der Erdatmosphäre. Die Region kann hier mehrere, exzellente Kompetenzträger aufweisen.

3.12.1 Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) am Standort Berlin-Adlershof

Die [DLR-Einrichtung „Optische Informationssysteme“](#) am Institut für Robotik und Mechatronik befasst sich mit der Konzeption, der Entwicklung, der Kalibration, dem Einsatz und dem Betrieb von optischen Sensorsystemen für Anwendungen in der Raumfahrt, Luftfahrt und im Verkehr. Die gewonnenen Informationen werden in der Erdbeobachtung von Satelliten- oder Flugzeuggetragenen Plattformen, in der Fernerkundung der Planeten oder in optischen In-situ-Verfahren für die planetare Erkundung ebenso eingesetzt, wie in den daraus abgeleiteten terrestrischen Applikationen in der Verkehrsforschung und kommerziellen Anwendungen. Entsprechend arbeitet das Institut vernetzt mit in- und ausländischen Forschungseinrichtungen, der herstellenden Industrie und Anwendern in den relevanten Feldern der Raumfahrt und des Verkehrs.

Die Arbeit beinhaltet die Entwicklung innovativer Kamera-, Spektrometer- und Radiometer-technologien im visuellen und Infrarot-Bereich (0,3 μm - 20 μm), neuer optischer 1-3D-Messverfahren, das Design optischer Sensoren, deren Test und Kalibration, die Sensorelektronik, die sensornaher Signalverarbeitung, die Simulation optischer Sensoren und die Modellierung ihrer Betriebs- und Umgebungsbedingungen, das Software-Engineering sowie die Informationsverarbeitung und Datenauswertung optischer Sensoren und das System-Engineering. Zu den besonders erfolgreichen Projekten der letzten Jahre gehören MERTIS (Hyperspektral-Instrument 7-14 μm) und Kompsat3 (0,7 m GSD LEO-Instrument).

Von besonderem aktuellen Interesse sind Anwendungen im Bereich „Security“ und „CO₂ Imaging“ einschließlich der satellitengestützten Waldbrandfrüherkennung (z.B. mit dem Adlershofer Satelliten BIRD), wenn man sich vor Augen führt, dass **30% des globalen CO₂ Eintrags durch weltweite Waldbrände** erfolgt.

Die Arbeitsgruppe regt an, die Kompetenz des DLR am Standort Berlin-Adlershof noch stärker in anderen Forschungsfeldern in Berlin (z.B. Biologie, Medizin) zu nutzen, und dabei auch mit der Expertise in Potsdam zu vernetzen, um so international noch wettbewerbsfähiger zu werden.

3.12.2 Geoforschungszentrum (GFZ) und Universität Potsdam

Zur Kernkompetenz des Geoforschungszentrums Potsdam ([GFZ](#)) gehört die optische Fernerkundung. Mit Satelliten-, Flugzeug- und Boden-gestützten Beobachtungssystemen und entsprechenden Auswertungsverfahren nimmt das GFZ eine weltweite Führungsrolle in der Erdbeobachtung ein. An der Universität Potsdam spielt optische Fernerkundung zur Erfassung räumlicher Muster und deren Dynamik eine wichtige Rolle. Die entsprechenden Aktivitäten in Forschung und Lehre sind im Interdisziplinären Zentrum für Musterdynamik und Angewandte Fernerkundung ([IMAF](#)) zusammengefasst. U.a. wird den Studierenden ein Vertiefungsmodul „Mustererkennung in den Umweltwissenschaften“ angeboten.

3.12.3 Teramobil

Wissenschaftler der FU arbeiten zusammen mit Gruppen aus Jena, Lyon und Paris an sog. Weißlicht-Filamenten, die als Lichtquellen für die Atmosphärenfernanalyse eingesetzt werden. Benutzt wird hierfür ein intensiver Femtosekundenlaser (drei Tera-Watt), der in einem Container untergebracht ist und mit Hilfe eines Tiefladers zu jedem Ort der Welt gebracht werden kann (daher der Name Teramobil). Die interessante Methode ermöglicht eine exakte Fernmessung verschiedener Umweltschadstoffe (LIDAR = Light Induced Detection and Ranging), kann aber ggf. auch als Plasmaschutzkanal für die Ableitung von Gewittern dienen.

3.13 Beleuchtungstechnik

Berlin war zu Ende des 19. und Beginn des 20sten Jahrhunderts weltweit als Stadt des Lichts bekannt und steht in gewisser Weise auch heute noch in dieser Tradition mit namhaften Unternehmen dieser Branche sowie der entsprechenden Forschung an der Technischen Universität Berlin in der [Fachrichtung Lichttechnik](#). Damit verfügt die Region über eines von nur drei Universitätsinstituten insgesamt auf diesem Gebiet in Deutschland.

Nachdrücklich sei darauf hingewiesen, dass es hierbei heute längst nicht mehr einfach um Glühbirnen geht: Lichttechnik ist ein hoch modernes Forschungsgebiet, das in Zukunft möglicherweise von organischen, photoaktiven Materialien bestimmt werden wird, von ähnlichem Typ wie den im Handlungsfeld 3.8 untersuchten. Die Lichttechnik gehört in Deutschland zu den Zukunftsindustrien mit hoher Wachstumsdynamik und erheblichem Exportanteil. Sie ist eine tragende Säule der Elektrotechnik mit wesentlichen Querverbindungen zu Gebäudetechnik, Solarenergienutzung, Umwelttechnik und Gesundheitsaspekten. Die Umsätze in Deutschland belaufen sich allein für Lampen und Leuchten auf 4Mrd. €/a; die Umsätze für die solaroptimierte Architektur (Niedrigenergiestandard) dürften noch deutlich darüber liegen.

Für den Wirtschaftsstandort Berlin hat die Lichttechnik nach wie vor eine essentielle Bedeutung¹¹. Die OSRAM GmbH, einer der beiden weltmarktführenden Lampenhersteller, hat in Berlin seine größte Zweigniederlassung (ca. 1850 Mitarbeiter) und macht Berlin damit zu einem bedeutenden High-tech Produktionsstandort für Lichtquellen. Zu den weltweit agierenden Leuchtenherstellern gehören aber auch Semperlux und Sill. Mehrere Lichtplanungsbüros sowie die zur internationalen Spitzengruppe zählende LMT Lichtmesstechnik GmbH Berlin und X-Rite Optronik GmbH prägen den Standort. Im Innovationspark Wuhlheide sind verschiedene KMUs angesiedelt, die opto-elektronische Anzeigemodule sowie optische Gebäudeleittechnik herstellen, in Golm - stark wachsend – Fa. Uwe Braun. Die Produktion von Vorschaltmodulen für Niederspannungsleuchten ergänzt das Profil ebenso wie Beleuchtungstechnik für Film und Bühne. Lichttechnik als spezieller Teil der Optischen Technologien entwickelt sich mehr und mehr zu einem High-tech Markt, für den in den nächsten Jahren entscheidende Innovationen erwartet und (s. aktuelle Klimadebatte) auch notwendig werden.

Diese Kombination verschiedener Kompetenzen begründet national und international Alleinstellungsmerkmale und kann bei konsequenter Nutzung der Synergien Berlin-Brandenburg als ein Zentrum der Lichttechnik langfristig sichern.

Das von der TU im März 2008 veranstaltete 6. Symposium **Licht und Gesundheit** weist darüber hinaus wiederum auf interessante Bezugspunkte zu Themenfeldern der Gesundheitsstadt Berlin hin.

3.14 Cultural Heritage

Sicherung des Weltkulturerbes ist eine Thematik, der sich die EU in besonderem Maße angenommen hat und die auch zu einem wichtigen Thema im Rahmen des 7. FRP der EU werden wird. „Cultural Heritage Laboratories“ sind Kooperationsprojekte, die auf höchstem Niveau die Konservierung, Restaurierung oder sonstige Förderung von Bauwerken bzw. Anlagen von herausragender europäischer Bedeutung zum Inhalt haben. Innovative Methoden und Techniken sollen dabei von den Partnerorganisationen gemeinsam entwickelt, erprobt und auf europäischer Ebene verbreitet werden. In der reichen Kultur- und Museumslandschaft Berlins und Brandenburgs sind besondere Kompetenzen und analytische Methoden vorhanden, um diese Zielstellung der EU zu unterstützen und aktiv an den geplanten EU – Projekten bzw. an nationalen Projekten zu partizipieren. Oft sind optische Mess- und Analy-

¹¹ [Lichttechnik, eine Perle der Optischen Technologien](#)

semethoden die Methoden der Wahl, weil sie in der Regel berührungslos und zerstörungsfrei anwendbar sind (u. a. Röntgenanalytik, opt. Spektroskopie).

Dieses Arbeitsfeld¹² bietet also gute Zukunftschancen für ein neues, aussichtsreiches Forschungsfeld, für das die Berliner optische Wissenschaft in Verbindung mit den einschlägigen Partnern geradezu prädestiniert ist. OpTecBB bereitet gerade ein für den 3. Mai 2007 geplantes Fokusseminar hierzu vor (Arbeitstitel „Naturwissenschaftliche Untersuchungen und zerstörungsfreie Techniken für archäometrische Untersuchungen sowie Konservierung und Restaurierung von Kunst- und Kulturgütern - ein Austausch zwischen Bedarf und Angebot“).

3.15 Master of Optical Sciences und weitere Ausbildungsinitiativen

Last aber gewiss nicht Least sei hier auf die künftige Entwicklung im Ausbildungsbereich eingegangen, dem eine sehr große Bedeutung für die Zukunft zugemessen wird. Hier kann aus der Fülle des in der Region vorhandenen Know-how von erster Hand Wissen vermittelt und hochqualifiziertes Führungspersonal wie auch spezialisierte Techniker ausgebildet werden, was nicht zuletzt auch den berühmten Technologietransfer über die Köpfe ermöglicht.

Alle Berliner Universitäten und die Universität Potsdam planen einen gemeinsamen Studiengang Master of Optical Sciences einzurichten. Dabei wurde ein Konzept erarbeitet, das die verschiedenen Kompetenzen der 4 Universitäten zu einem attraktiven Gesamtangebot vereint. Schon Ende 2003 wurde ein Studienplan, eine Studienordnung und begleitende Materialien verabschiedet¹³. Wegen der damals noch nicht vorhandenen Eingangsvoraussetzung Bachelor of Science musste aber die Umsetzung aufgeschoben werden. Insgesamt geriet das Vorhaben wegen der vordringlichen Einrichtung von BSc Studiengängen etwas aus dem Blickwinkel. Die TU hat sich bereit erklärt, die gemeinsamen Bemühungen wieder aufzugreifen und zum Ziel zu führen. Der bisher erreichte Diskussionsstand lässt jetzt eine rasche, erfolgreiche Vereinbarung des gemeinsamen Ausbildungsganges in greifbare Nähe rücken.

Ebenso in der Entwicklung befindet sich das Studienangebot „Master of Optical and Microsystem Technologies“ als internationale Kooperation zwischen der FH Brandenburg und der Universität Paisley (Schottland). Beide Partnerhochschulen gewährleisten mit ihrem spezifischen Profil eine praxisorientierte Ausbildung auf dem neuesten Stand der Technik.

Das Netzwerk MANO gewährleistet darüber hinaus den regelmäßigen Austausch der Bildungsakteure der Mikrosystemtechnik. Für die gewerbliche Facharbeiterausbildung existiert ein Ausbildungsverbund für die Mikrotechnologie, ein weiteres Hochtechnologie-Ausbildungsnetzwerk ist im Aufbau. Damit wird auch der notwendige nicht-akademische Nachwuchs für die Hochtechnologien gesichert

Darüber hinaus wird ein FH-Studiengang „Master of Optical Engineering“ angeboten, der von der TFH Wildau koordiniert wird. Die ersten Absolventen haben bereits erfolgreich eine Berufstätigkeit aufgenommen und belegen den Bedarf an derartigen Ausbildungsgängen. Dieser dreisemestrige, [akkreditierte](#) Masteraufbaustudiengang Photonics ist ein gemeinschaftliches Projekt der FH Brandenburg, TFH Berlin und der TFH Wildau und eröffnet den Zugang zum höheren öffentlichen Dienst in Deutschland. Der Masterstudiengang ist als postgradualer, weiterbildender Aufbaustudiengang konzipiert und soll den Hochschulabsolventen traditioneller ingenieur- und naturwissenschaftlicher Ausbildung die fachübergreifende Arbeit mit Optischen Technologien vermitteln und die sich abzeichnende Nachfrage nach qualifizierten Mitarbeitern in der Industrie befriedigen. Unterstützt wird das Konzept von OpTecBB und Unternehmen der Region, die Praktikumsplätze zu Verfügung stellen.

¹² [Cultural Heritage: Erste Analyse der Potenziale und Herausforderungen](#)

¹³ [Materialien zum gemeinsamen Studiengang Master of Optical Sciences](#)

4 QUELLEN, ERGÄNZENDES MATERIAL

Eine vollständige Dokumentation ist auch unter <http://www.optecbb.de/BWK/> zu finden. Sie wird bei Bedarf laufend aktualisiert. Die nachfolgende Zusammenstellung gibt den Stand 15.03.2007 wieder.

Weitere Information zur Arbeit der Berliner Wissenschaftskommission findet man unter <http://www.wissenschaftskommission.de/>

4.1 Links zu einschlägigen Verbänden, Instituten, Kooperationen

1. OpTecBB - Optische Technologien für Berlin und Brandenburg, <http://www.optecbb.de> und [Liste der Mitglieder mit Themenfeld](#)
2. ZEMI <http://www.mst-berlin.de/> - s. auch [Das Potenzial Berlins in der Mikrosystemtechnik](#) und [Liste der Akteure MST](#)
3. Nanop, [Competence Centre for the Application of Nanostructures in Optoelectronics](#) koordiniert von der TU-Berlin
4. Sonstige Zentren und Verbände
 1. [Gesellschaft zur Förderung angewandter Optik, Optoelektronik Quantenelektronik und Spektroskopie e.V. \(GOS\)](#)
 2. [Interessengemeinschaft KOMPETENZZENTRUM OPTIK RATHENOW e. V.](#)
 3. [Laserverbund Berlin-Brandenburg e. V.](#)
 4. [Optotransmitter-Umweltschutz-Technologie e.V. \(OUT e.V.\)](#)
5. Institute und Netzwerke der Universitäten und Fachhochschulen in Berlin und Potsdam
 1. TU-Berlin [Fachgebiet Lichttechnik](#)
 2. TU-Berlin [Forschungsschwerpunkt Photonik](#) und [Liste der Akteure mit Themenfeld](#)
 3. TU-Berlin [Hochfrequenztechnik-Photonik](#)
 4. TU-Berlin [Institut für Optik und Atomphysik](#)
 5. TU-Berlin [Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb IWF](#)
 6. TU-Berlin [Berlin Center of Advanced Packaging @ Technische Universität Berlin BeCAP](#)
 7. TU-Berlin [Institut für Konstruktion, Mikro- und Medizintechnik Fachgebiet Mikro-technik](#)
 8. TU-Berlin [Institut für Konstruktion, Mikro- und Medizintechnik \(IKMM\)Fachgebiet Mikro- und Feingeräte](#)
 9. TU-Berlin [Forschungsschwerpunkt Mikroperipherik](#)
 10. Freie Universität Berlin [Fachbereich Physik](#)
 11. Freie Universität Berlin [Institut für Chemie und Biochemie](#)
 12. Humboldt-Universität zu Berlin [MathematischNaturwissenschaftliche Fakultät I - Institut für Physik](#)
 13. Universität Potsdam [Interdisziplinäres Zentrum für Photonik \(IZP\)](#)
 14. Universität Potsdam [Institut für Physik](#)
 15. Universität Potsdam [Institut für Chemie](#)
 16. Universität Potsdam [Interdisziplinäres Zentrum für Musterdynamik und Angewandte Fernerkundung IMAF](#)
 17. [Fachhochschule Brandenburg Fachbereich Technik](#)
 18. [Technische Fachhochschule Berlin](#)
 19. [Technische Fachhochschule Wildau - Physikalische Technik](#)
6. Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen und Ressortforschungseinrichtungen
 1. [Astrophysikalisches Institut Potsdam \(AIP\)](#)

2. [Berliner Elektronenspeicherring-Gesellschaft für Synchrotronstrahlung m.b.H. \(BESSY\)](#)
 3. [Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung \(BAM\)](#)
 4. [Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. \(DLR\) - Kompetenzzentrum für Optische Informationssysteme und Raumfahrtssystemtechnik \(OR\)](#)
 5. [Ferdinand-Braun-Institut für Höchstfrequenztechnik \(FBH\)](#)
 6. [Fraunhofer Institut für Angewandte Polymerforschung \(IAP\)](#)
 7. [Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik Heinrich-Hertz-Institut \(HHI\)](#)
 8. [Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM](#)
 9. [Fraunhofer Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration - Außenstelle Polymermaterialien und Composite Teltow](#)
 10. [Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft](#)
 11. [GeoForschungsZentrum Potsdam \(GFZ\)](#)
 12. [Institut für Kristallzüchtung \(IKZ\)](#)
 13. [ISAS - Institute for Analytical Sciences](#)
 14. [Konrad-Zuse-Zentrum für Informationstechnik Berlin \(ZIB\)](#)
 15. [Max-Born-Institut für Nichtlineare Optik und Kurzzeitspektroskopie \(MBI\)](#)
 16. [Weierstraß-Institut für Angewandte Analysis und Stochastik \(WIAS\)](#)
 17. [Willy-Wien-Laboratoriums der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt \(PTB\)](#)
7. Sonderforschungsbereiche koordiniert von Berliner Universitäten mit einschlägigem Themenbezug
- <http://www.sfb450.de/>
<http://www.physik.fu-berlin.de/sfb658/>
<http://userpage.chemie.fu-berlin.de/~sfb449/index.html>
<http://pmm08.physik.hu-berlin.de/sfb448/>
<http://www.physik.fu-berlin.de/sfb498/>

4.2 Weitere Materialien und Links

1. Senatsverwaltung für Bildung, Wissenschaft und Forschung des Landes Berlin
 1. Optik und Optische Technologien
http://www.berlin.de/sen/forschung/schwerpunkte_kooperationen/schwerpunkte/optik/index.html
 2. Mikrosystemtechnik
http://www.berlin.de/sen/forschung/schwerpunkte_kooperationen/schwerpunkte/mikrosystem.html
2. Masterplan für das Kompetenzfeld Optische Technologien, OpTecBB in Zusammenarbeit mit Senatsverwaltung für Wirtschaft, Arbeit und Frauen, Investitionsbank Berlin, Technologiestiftung Innovationszentrum Berlin, Berlin Partner GmbH, WISTA GmbH Adlershof: http://www.optecbb.de.de/BWK/ow-mst/material/Masterplan_OT_Entwurf_Fassung_Juni_2006.pdf
3. Master of Optical Sciences - Planungen für einen gemeinsamen Studiengang der 4 Universitäten: [Studienplan](#), [Studienordnung](#), [Erläuterung](#), [Anschreiben an Dekane](#)
4. [Wirtschafts- und sozialwissenschaftliche Bewertung und Begleitung der Netzwerkentwicklung von OpTecBB](#)
5. Zukunft durch Optische Technologien - Konzeption für einen innovativen Technologieschwerpunkt in Berlin und Brandenburg; Vorlage beim gemeinsamen Koordinierungsrat der Länder Berlin und Brandenburg März 2004, <http://www.optecbb.de.de/BWK/ow-mst/material/laenderkonzeption.pdf>

6. Potenzial der optischen Technologien in Berlin und Brandenburg, Potenzialanalyse der Branche 2003 OptecBB in Zusammenarbeit mit BMBF, TSBerlin, TSBrandenburg: http://www.optecbb.de.de/BWK/ow-mst/material/material/studie_031119.pdf
7. Branchenbericht 2006 – Optische, medizinische und mechatronische Industrie Deutschland, Branchenverband Spectaris: http://www.spectaris.de/downloads/Branchenbericht_2006.pdf
8. Das BESSY FEL Projekt: Technischer Design Report: http://www.bessy.de/publicRelations/publications/files/TDR_WEB.pdf
Scientific case: <http://www.bessy.de/publicRelations/publications/files/sc.pdf>
9. Photovoltaik: [Geplantes Kompetenzzentrum Dünnschicht- und Nanotechnologie für Photovoltaik Berlin \(TU-Berlin und HMI\)](#)
10. [Cultural Heritage und Optische Wissenschaften - Erste Analyse der Potenziale und Herausforderungen](#)
11. [Lichttechnik, eine Perle der optischen Technologien](#)
12. Stellungnahme des Wissenschaftsrats zu .. BESSY FEL, Pressemeldung <http://www.wissenschaftsrat.de/Veroeffentlichungen/veroeffentlich.htm> und Drs.7269/06 Mai 2006: <http://www.wissenschaftsrat.de/texte/7269-06.pdf>
13. Leibniz Senat: Evaluierungen Berliner Institute im Themenfeld http://www.wgl.de:8080/wgl/Dokument//Senatsstellungen/Dok-818/MBI_Senat_061123.pdf
<http://www.wgl.de:8080/wgl/Dokument//Senatsstellungen/Dok-626/BESSY.pdf>
http://www.wgl.de:8080/wgl/Dokument//Senatsstellungen/Dok-706/IKZ_Senat_051124.pdf
14. Optische Technologien - Mit Licht in die Zukunft, BMBF: <http://www.bmbf.de/de/3591.php>
Dort findet man auch zahlreiche weitere wichtige Dokumente zum Themenfeld
15. [Photonics21](#) - European Technology Platform Photonics for the 21st Century-
[Towards a Bright Future for Europe](#)
16. [European Nanoelectrics Initiative Advisory Council \(ENIAC\)](#)
17. [European Technology Platform on Smart Systems Integration \(EPoSS\)](#)
18. [European Center for Information and Communication Technologies \(EICT\) GmbH](#)