LAND BRANDENBURG

be Berlin

Clusterreport Optik & Photonik

in der Hauptstadtregion Berlin Brandenburg

THE GERMAN CAPITAL REGION

excellence in photonics

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung ... 4
1.1 Grußwort ... 5
1.2 Editorial ... 6

2 Historie ... 9

3 Standorte ... 17
3.1 Süd-Ost ... 18
3.2 Berlin City ... 29
3.3 West ... 34
3.4 Süd-West ... 39

4 Forschung & Industrie ... 43
4.1 Lasertechnik ... 44
4.2 Lichttechnik ... 58
4.3 Photonik für Kommunikation und Sensorik ... 68
4.4 Optische Analytik ... 77
4.5 Biomedizinische Optik und Augenoptik ... 96
4.6 Mikrosystemtechnik ... 109

5 Aus- und Weiterbildung ... 123

6 Branchenplattformen ... 129
6.1 Messen, Tagungen und Konferenzen ... 130
6.2 Netzwerke ... 133

7 Index ... 137

8 Impressum ... 147

1.1 Grußwort

Die deutsche Hauptstadtregion gehört zu den innovativsten Regionen Europas und nimmt in vielen zukunftsweisenden Technologien eine führende Position ein. Zu den Schlüsselbranchen in Berlin Brandenburg zählen Optik und Photonik. Als Technologietreiber leisten sie einen herausragenden Beitrag zur Weiterentwicklung der Hauptstadtregion als High-Tech- und Industriestandort. Sie schaffen und sichern Arbeitsplätze und Wertschöpfung. Und: In diesen Branchen wird eng zusammengearbeitet – unter dem Dach des 2011 errichteten länderübergreifenden Clusters, das die Optischen Technologien ebenso wie die Mikrosystemtechnik umfasst. Das Cluster ist geprägt von einer vernetzten Hochschul- und Forschungslandschaft sowie einer Vielzahl innovativer Technologieunternehmen. Unterstützt werden die Akteure von fachlichen Zusammenschlüssen wie OpTecBB e. V., dem bundesweit größten Netzwerk für optische Technologien, das als direkter Partner am gemeinsamen Clustermanagement der Länder Berlin und Brandenburg beteiligt ist.

Die Optik, aktuell vornehmlich als wissenschaftliche Disziplin wahrgenommen, vereint klassische optische Technologien: Da geht es um die Herstellung optischer Elemente oder Geräte – wie beispielsweise Linsen, Mikroskopen oder Brillen. Die Photonik beschreibt die „Lehre von Lichtteilchen“ und hat sich in den vergangenen Jahren als Sammelbegriff für neue optische Technologien durchgesetzt. Ob Laser oder LED, Glasfasernetze, Displays und Kameras, optische Sender- und Empfängerchips oder der gesamte Bereich der optischen Messtechnik von der Sensorik bis zu den Röntgentechnologien: All dies zählt zur Photonik, die damit eine der zentralen Technologien des 21. Jahrhunderts ist. Um der Bedeutung der Photonik für Berlin und Brandenburg noch stärker Rechnung zu tragen, ist der Name des Optik Clusters 2017 um die Photonik erweitert worden. Mit dem wirtschaftspolitischen Schwerpunkt Optik und Photonik hat Berlin Brandenburg im Wettbewerb der Regionen ein Alleinstellungsmerkmal und ist bestens gerüstet, um flexibel auf große wirtschaftliche Trendthemen wie Digitalisierung, Industrie 4.0, Smart Cities oder autonomes Fahren reagieren zu können.

Optik und Photonik als Querschnittstechnologien sind auch starke Impuls- und Ideengeber für viele andere Industrien und Dienstleistungsbereiche – insbesondere wenn es um die Umsetzung neuer digitaler Technologien geht. Einen immer größeren Stellenwert bekommt die „grüne Photonik“: Moderne Lichtanwendungen insbesondere im Zusammenhang mit der Mikroelektronik können – aufgrund ihrer hohen Energie- und Ressourceneffizienz – einen bedeutenden Beitrag zu einer nachhaltigen und ökologisch verträglichen Wirtschaft leisten. Damit können beispielsweise Lösungen für die Bereiche Energie, Umwelt, Gesundheit und Ernährung entwickelt werden. In Brandenburg und Berlin sind bereits Unternehmen im Bereich der „Green Photonics“ tätig. Mit ihren innovativen Systemen tragen sie dazu bei, globale gesellschaftliche Herausforderungen zu meistern.

Die Länder Berlin und Brandenburg haben das Potenzial der Optik und Photonik als Schlüsseltechnologie und die regionalen Stärken in diesem Technologiebereich früh erkannt und deshalb das Cluster Optik 2011 in ihre gemeinsame Innovationsstrategie zur intelligenten regionalen Spezialisierung eingebunden, mit der wir den Spitzenplatz der Hauptstadtregion in der deutschen und internationalen Innovationslandschaft ausbauen und stärken wollen.

Der vorliegende Clusterreport widmet sich der Erfolgsgeschichte von Optik und Photonik. Er gibt einen Überblick über das vielfältige Geschehen dieser wichtigen Branchen und rückt zugleich das enorme Potenzial in den Vordergrund, über das Berlin und Brandenburg in diesen Technologiebereichen verfügen.

Ramona Pop
Senatorin für Wirtschaft, Energie und Betriebe des Landes Berlin

Prof. Dr.-Ing. Jörg Steinbach
Minister für Wirtschaft und Energie des Landes Brandenburg

Ramona Pop J. Steinbach

1.2 Editorial

„In der Optik und Photonik ist Berlin Brandenburg hinter dem Silicon Valley und der Tokio-Region sicher schon auf Platz zwei oder drei weltweit."

Prof. Dr. rer. nat. Martin Schell

Interview mit dem Clustersprecher Optik und Photonik Prof. Dr. rer. nat. Martin Schell

Herr Professor Schell, Sie sind im Oktober zum neuen Vorstandsvorsitzenden des OpTecBB e. V. und zum Sprecher des Berlin Brandenburger Clusters Optik und Photonik ernannt worden. Wie schätzen Sie die Arbeit des Clusters in den letzten Jahren und den aktuellen Stand der Optik-Branche in Berlin-Brandenburg ein?

Das Cluster Optik und Photonik in Berlin und Brandenburg hat sich in den letzten Jahren sehr gut entwickelt. Dafür möchte ich insbesondere meinem Vorgänger, Herrn Professor Tränkle, herzlich für die letzten sechs Jahre seiner tatkräftigen Arbeit danken. Er hat es in der Anfangszeit geschafft, der Optik und Photonik in Berlin einen Raum zu geben, der die Sichtbarkeit der Branche in der Region deutlich verbessert hat. Das hat uns sehr weiter geholfen. International weiß die Branche inzwischen, welche Bedeutung der Standort Berlin Brandenburg hat.

Ein großer Erfolg für den Standort ist auch die Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland, die Anfang des Jahres 2017 vom Bundesministerium für Forschung ins Leben gerufen wurde. Von den 350 Millionen Euro, die bei diesem Projekt in Mikroelektronik und Photonik investiert wurden, sind 117 Millionen in Berlin und Brandenburg eingesetzt worden.

Mit dem IHP Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik, dem Ferdinand-Braun-Institut, dem Fraunhofer IZM und dem Fraunhofer HHI wird diese Summe zu einem sehr großen Teil für photonische Technologien eingesetzt.

Wie schätzen Sie die Entwicklung in den nächsten fünf bis zehn Jahren ein? Bei welchen Themen wächst die Bedeutung, was sollte angepackt und befördert werden?

Die Optik und Photonik war in großen Teilen von der optischen Datenübertragung im Internet getrieben. In den nächsten Jahren werden viele Themen dazu kommen, die wie zum Beispiel die Quantentechnologien optisch basiert sind. In selbst fahrenden Autos wird es optische Sensorik geben, die noch zu entwickeln ist. In der personalisierten Medizin gibt es medizinische Sensorik mit optischen Technologien. All das sind Themen, in denen sehr viel geforscht und entwickelt werden muss und ich denke, dass das Berlin Brandenburger Cluster da sehr gut positioniert ist.

Welche Themen im Cluster sollten Ihrer Meinung nach weitergeführt werden und wo können Dinge noch verbessert werden?

Die Arbeit im Cluster Optik und Photonik in Berlin und Brandenburg funktioniert sehr gut, wir haben noch Entwicklungsspielraum in Richtung Öffentlichkeitsarbeit und Webauftritt. Weiterhin müssen wir neue Themen wie zum Beispiel die Quantentechnologie eingliedern und in unserer Arbeit berücksichtigen. Ansonsten freue ich mich sehr, auf der erfolgreichen Arbeit von Professor Tränkle aufsetzen zu können.

Stichwort Wissenstransfer – die Überführung von Forschungsergebnissen in die kommerzielle Praxis. Wie können Patente, Produkte, Unternehmen und Mitarbeiter am Standort gehalten werden? Gibt es ein vorbildhaftes Beispiel aus der Praxis?

Durch die Verbandsarbeit von OpTecBB e.V. gelingt es interessierten Wissenschaftlern schon sehr früh, Kontakt zu Mitarbeitern aus der Wirtschaft zu bekommen. Hier werden schon früh Verbindungen hergestellt, die es später einfacher machen, Marktchancen zu evaluieren oder Partner für eine Kommerzialisierung zu finden. In Berlin hat sich darüber hinaus das Fraunhofer Leistungszentrum „Digitale Vernetzung" gegründet, dass es als eine seiner wesentlichen Aufgaben sieht, bei der wirtschaftlichen Verwertung von wissenschaftlichen Themen zu unterstützen.

Ein gutes aktuelles Beispiel aus der Berliner Praxis ist das Start-up Sicoya, die an der Kommerzialisierung der Silizium-Photonik arbeiten. Das Projekt ist an der TU Berlin entstanden und hat den Sprung aus der Wissenschaft in ein Start-up geschafft.

Die Digitalisierung sehr vieler Lebensbereiche ist weltweit ein zentrales und sehr bedeutendes Zukunftsthema. Wie schätzen Sie die Rolle der optischen Technologien und der Photonik ein und welche Potenziale und möglichen Projekte sehen Sie für die Region?

Digitalisierung und Photonik ist nicht auf Datenübertragung per Glasfaser beschränkt. In der 3D-Sensorik werden zum Beispiel Objekte für die Qualitätskontrolle oder die Replikation digitalisiert. Im 3D-Printing werden mit Hilfe von scannenden Lasern mittlerweile sogar schon im Consumerbereich Objekte erstellt. Dem selbstfahrenden Auto kann man sich nur mit einer Digitalisierung der Umwelt nähern – zum Beispiel mit Hilfe des optischen Radars LIDAR. Glasfasern für die Datenübertragung können heute – das ist vielen Menschen unbekannt – mit vergleichbar einfachen Mitteln abgehört werden. Dies kann mit optischen Mitteln verhindert oder wenigstens detektiert werden. In ferner Zukunft steht möglicherweise ein Quantencomputer, der basierend auf Photonik die heutigen Rechner deutlich übertrifft.

Ich denke, mit der hohen Dichte und Breite an Forschung und der Landschaft von etwa 400 KMU sind Berlin und Brandenburg sehr gut in diesen Feldern positioniert. Vielleicht kommt ja der zukünftige Weltmarktführer für eines dieser Themen aus der Hauptstadtregion.

Internationale Attraktivität des Standortes für Unternehmen und Mitarbeiter: Wie attraktiv ist der Standort und was kann unternommen werden, dies weiter zu verbessern und mehr Unternehmen und Mitarbeiter anzulocken?

Ich denke, dass der Standort Berlin Brandenburg in der Optik und Photonik hinter dem Silicon Valley und der Tokio-Region schon auf Platz zwei oder drei rangiert. Die internationale Sichtbarkeit ist schon recht gut, auch durch die Unterstützung von Berlin Partner bei den Messeauftritten mit den Gemeinschaftsständen. Die Stände sind auf den Fachmessen bekannt und werden gerne besucht. Sie verhelfen zu einer Sichtbarkeit und Attraktivität, die ein einzelner Partner so nicht erreichen würde.

Das Interview führte Markus Wabersky.

Prof. Dr. rer. nat. Martin Schell
© Die Hoffotografen GmbH Berlin

VITA

Nach Stationen an der University of Tokyo, in der Managementberatung (Boston Consulting Group) und in der Industrie (Infineon Fiber Optics) leitet Martin Schell heute gemeinsam mit Professor Wiegand das Fraunhofer HHI in Berlin. Er ist Professor für Optoelektronische Integration an der TU Berlin, Vorstandsmitglied des European Photonics Industry Consortium EPIC, Vorsitzender des Vorstands des Branchenverbandes OpTecBB e.V., Mitglied des Board of Stakeholders der europäischen Technologieplattform Photonics21 und Mitglied des Public Policy Committees der Optical Society of America.

2 Historie

2 Geschichte der optischen Technologien in Berlin Brandenburg

Optische Technologien haben in Berlin Brandenburg eine über 200-jährige Tradition, die von turbulenten Entwicklungen und gewaltigen Umbrüchen gekennzeichnet ist.

Im ausgehenden 19. Jahrhundert bis zur Zeit vor dem Zweiten Weltkrieg entwickelten sich Rathenow sowie auch die Region Berlin zu einem europäischen Zentrum der optischen und feinmechanischen Industrie in der wissenschaftliche Einrichtungen und Unternehmen eng miteinander verwoben waren (Zaun 2002). Viele ehemals führende deutsche Optikunternehmen wie Emil Busch und C. P. Goerz waren in und um Berlin zu Hause – existieren heute aber nicht mehr. Das clusterähnliche Innovationssystem beherbergte neben traditionell der Optik zurechenbaren Bereichen wie dem Mikroskopbau und dem Kamerabau auch Firmen in verwandten und angrenzenden Branchen wie Unternehmen der Elektrotechnik, der feinmechanischen Industrie, auf Optik spezialisierter Maschinenbau, Spezialanbieter für Bahn- und Schifffahrtswegbeleuchtung und Signaltechnik oder Unternehmen der lichttechnischen Industrie.

Pintsch Neon-Leuchten
©Julius Pintsch A.G.,
Katalog Nr. 702

Gleichzeitig bildete sich zu dieser Zeit in Berlin eine einmalige wissenschaftliche Landschaft heraus, die es nicht nur vermochte herausragende wissenschaftliche Grundlagenerkenntnisse zu produzieren, sondern auch diese Ergebnisse der (lokalen) Industrie zugänglich zu machen. Hierzu zählten insbesondere die Berliner Universität, die Preußische Akademie der Wissenschaften, die Technische Hochschule, die Physikalisch Technische Reichsanstalt (PTR) und die Kaiser-Wilhelm-Institute. Unterstützt wurden diese Aktivitäten durch Gremien und Verbände, die in Berlin gegründet wurden und hier ansässig waren. Zusammengenommen formten sie das technologische, institutionelle und (inter-)organisationale Fundament für die Entwicklung eines frühen optischen Industriedistrikts in Berlin Brandenburg.

Die Entwicklung der optischen Industrie in Berlin Brandenburg bis 1945

Johann Heinrich August Duncker, Emil Busch –
im Hintergrund die Emil Busch AG
© Kulturzentrum Rathenow/Optikindustriemuseum

Die Entwicklung der optischen Industrie in Berlin Brandenburg hat ihren Ursprung in Rathenow und ist eng mit dem Schaffen der Familie Duncker verbunden. Der Prediger Johann Heinrich August Duncker, der auch eine Ausbildung in Optik und dem Schleifen von Glas absolvierte, ließ sich 1801 eine Vielschleifmaschine patentieren. Im gleichen Jahr eröffnete er im Rathenower Pfarrhaus die Optische Industrieanstalt. Seine ersten Beschäftigten, invalide Soldaten und Waisenkinder, produzierten auf dem Dachboden des Hauses gleichmäßig polierte Gläser für Brillen, Mikroskope und Vergrößerungsgläser. Das Unternehmen wuchs kontinuierlich und 1820 übernahm Dunckers Sohn, Eduard Duncker, die Leitung des Betriebes. Da die Firma expandierte, gleichzeitig aber Platzmangel bestand, verlieh Duncker Maschinen an seine Arbeiter, die zu Hause Teile produzierten. Viele kleine „Waschküchenbetriebe“ entstanden. Im Jahr 1845 übernahm Emil Busch, ein Neffe Dunckers,

die Führung im Unternehmen, der die mittelgroße Firma zum Großunternehmen ausbaute. So wurde zum Beispiel 1846 eine erste Dampfmaschine in die Produktion eingeführt. Viele neue Produkte entstanden und wurden in den Markt eingeführt. 1872 wurde das Unternehmen schließlich in eine Aktiengesellschaft überführt.

Die zunehmende (lokale) Nachfrage nach optischen Komponenten führte dazu, dass in Rathenow eine Vielzahl von weiteren optischen Betrieben entstand. 1896 waren hier 163 Optikunternehmen ansässig und die Stadt wurde bereits damals als „Stadt der Optik“ weltbekannt. Die Expansion der Optikunternehmen in Rathenow konnte bis zum Ende des Ersten Weltkrieges und zur anschließenden Weltwirtschaftskrise fortgesetzt werden. Trotz eines anschließenden Rückgangs waren 1930 noch immer mehr als 200 Optikunternehmen in Rathenow tätig. Während des Zweiten Weltkrieges stellten die beiden größten Rathenower Optikunternehmen Emil Busch und Nitsche & Günther fast ausschließlich Optiken für den militärischen Gebrauch her. Am Ende des Krieges lagen große Teile der optischen Industrie in Rathenow in Schutt und Asche und die Überreste wurden schließlich als Reparation abtransportiert.

In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts entwickelte sich in Berlin eine aufblühende optische und feinmechanische Industrie, teilweise angetrieben durch die Präsenz von wissenschaftlichen Einrichtungen wie der Berliner Universität, der Charité oder der Technischen Hochschule, durch die Industrialisierung der Stadt Berlin sowie das allgemein positive Wirtschaftsklima während der Gründerjahre. In Berlin ansässige und (inter-)nationale Forschungseinrichtungen beflügelten die Nachfrage nach optischen und wissenschaftlichen Geräten. So wurden Mikroskope für das Vordringen in immer kleinere Dimensionen – zum Beispiel in der Biologie, Medizin, Chemie und Geologie – unerlässlich.

Um weiter in makroskopische Dimensionen vorzudringen wurden Teleskope, Passage- und andere astronomische Instrumente nachgefragt, die größtenteils jeweils genau für die Spezifikationen der Wissenschaftler angefertigt wurden. Optische und feinmechanische Werkstätten und Unternehmen wie Askania, R. Fuess, C. P. Goerz, E. Gundlach, B. Halle, F. Schmidt & Haensch oder Steindorff, produzierten derartige Instrumente.

Das seinerzeit wohl bedeutendste Optikunternehmen in Berlin in Bezug auf die angestellten Optiker und Feinmechaniker war die Optische Anstalt C. P. Goerz in Berlin-Friedenau und Berlin-Zehlendorf. Das Unternehmen wurde 1886 gegründet und produzierte Fotoausrüstung für den entstehenden Amateur-Fotografiemarkt sowie Linsen und spezielle Objektive für professionelle Anwendungen. Gleichzeitig wurden Ferngläser konstruiert und hergestellt. 1903 wurde eine spezielle Militäroptikabteilung eingerichtet und C. P. Goerz avancierte zum größten Produzenten militärischer Optiken in der Welt. Zum 25. Jubiläum (1911) beschäftigte das Unternehmen 2.500 Mitarbeiter und hatte bereits 300.000 Objektive produziert. Während

Askania Plakat aus dem Jahr 1929
© Askania-Werke AG, Katalog Nr. 105

des Ersten Weltkrieges stellte Goerz fast ausschließlich Rüstungsgüter her. Das brachte dem Unternehmen nach dem Krieg erhebliche finanzielle Schwierigkeiten, da der Versailler Vertrag deutschen Unternehmen die Herstellung militärischer Güter verbot. Die Fusion der Optischen Anstalt C. P. Goerz (Carl Paul Goerz starb im Jahr 1923) mit den Foto-optischen Unternehmen Ica AG, Dresden; Contessa-Nettel AG, Stuttgart; H. Ernemann, Dresden, die von Zeiss Jena vorangetrieben wurde und die Zeiss-IKON AG 1926 entstehen ließ, sicherte das Überleben des Unternehmens. Jedoch wurde das Produktionsprogramm von Goerz zugunsten von Zeiss in Jena, die 53 % der Anteile an Zeiss-IKON hielten, dramatisch umgestellt. Goerz produzierte fortan keine eigenen Objektive und optischen Systeme mehr. Vielmehr wurden in den ehemaligen Berliner Goerz-Fabriken Kameras montiert sowie Beleuchtungen für Projektoren und Schließsysteme produziert. Während der letzten Tage des Zweiten Weltkrieges wird das Goerzwerk in Berlin-Zehlendorf durch Kampfhandlungen stark zerstört, wohingegen das Friedenauer Werk den Krieg intakt übersteht. Nach dem Waffenstillstand wurden sämtliche Maschinen, Unterlagen, Materialien und Muster aus den Werken entfernt und als Reparation abtransportiert.

Ein weiteres Beispiel für die hochinnovative optische Industrie in Berlin, die wissenschaftliche Erkenntnisse schnell in neue Produkte überführte und am Übergang vom 19. zum 20. Jahrhundert stark expandierte, ist die Beleuchtungsindustrie. Während des 19. Jahrhunderts war das Gaslicht weit verbreitet. 1885 erfand und patentierte der Österreicher Carl Auer von Welsbach den Glühstrumpf und die Verwendung neuer Materialien machte das Auerlicht heller und effizienter im Vergleich zu anderen verfügbaren Lichtquellen. 1892 gründete er die Deutsche Gasglühlichtgesellschaft (Degea später Auer-Gesellschaft) in Berlin und die Produktion von Beleuchtungsausrüstungen wurde im Auer-Hof in Berlin-Friedrichshain aufgenommen. Im Jahr 1895 wurde das Auerlicht als Berliner Straßenbeleuchtung und ein Jahr später auch bei der Preußischen Eisenbahn eingeführt. Gasglühlicht konnte jedoch Explosionen, Vergiftungen und hohe Temperaturen in seiner Umgebung verursachen. Deshalb arbeiteten Wissenschaftler und Techniker am Ende des 19. Jahrhunderts bereits an der Realisierung von elektrischem Licht. Der Erfinder Thomas Alva Edison entwickelte 1879 die Kohlefadenglühlampe. Das Edison-Patent wurde in Deutschland durch die Deutsche Edison-Gesellschaft DEG (später Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft (AEG)) mit Sitz in Berlin verwertet. Ihre Produktionsstätte befand sich seit 1883/84 in der

Werbeplakat für die Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft AEG, Berlin (1888)
©DHM, Berlin/Sammlung Sachs

Schlegelstrasse in Berlin-Mitte, wo damit begonnen wurde Kohlefadenglühlampen herzustellen. Schon bald reichten die räumlichen Kapazitäten nicht mehr aus, und die Produktion wurde in die Ackerstraße in Berlin-Wedding verlagert. Dort produzierte die AEG auch die von Walter Nernst in Göttingen erfundene Lampe (patentiert 1897).

Bei der Auergesellschaft wurde ebenfalls die Beleuchtungstechnologie weiterentwickelt. Im Jahr 1898 wurde die Metallfadenlampe und 1901 die Os-Lampe mit einem Glühfaden aus Osmium von Auer patentiert. 1906 registrierte er den Markennamen Osram, der sich aus den zwei Glühdrahtmaterialien Osmium und Wolfram ableitete. Auch Siemens & Halske entwickelte und produzierte Glühlampen in Berlin. Zwischen 1883 und 1901 errichteten

sie das Glühlampenwerk in der Helmholtzstraße (später Osram-Werk S).

Die kontinuierliche Verbesserung der Glühlampentechnologie war nur durch das hohe Engagement dieser Unternehmen in Forschung und Entwicklung und der engen Interaktion von Wissenschaftlern, Technikern und Prozessingenieuren möglich. Der starke Anstieg der Produktionskapazitäten für Glühlampen in Berlin und die millionenfache Herstellung von Glühbirnen brachte Berlin schließlich den Titel „Stadt des Lichts“. Nach Ende des ersten Weltkrieges fusionierten die Deutsche Gasglühlicht AG (Auer-Gesellschaft), die Siemens & Halske und die AEG 1919, die Berliner Glühlampenproduktion, und gründeten die Osram Werke GmbH KG, Berlin. In den 1920er- und 1930er-Jahren wurden mehrere Vertriebsgesellschaften im Ausland aufgebaut sowie eine Vielzahl neuer Produkte in Berlin entwickelt und von hier aus erfolgreich in den Markt eingeführt (Bilux, Natriumdampf-Niederdrucklampen, Quecksilberdampf-Hochdrucklampen, Leuchtstofflampen). 1935 kaufte Osram die Bergmann-Elektrizitätswerke an der Seestraße in Wedding, die seit etwa 1906 auch Glühlampen produzierte. Dieser Standort (Werk B) wurde nun nach und nach zur zentralen Glühlampenproduktion von Osram in Berlin ausgebaut, wohingegen die anderen Werke eine Zulieferfunktion übernahmen. Der Firmensitz verblieb bis 1945 im Werk D in Berlin-Friedrichshain. Während des Zweiten Weltkrieges wurden zahlreiche Produktionsstätten ausgelagert. Dennoch wurden die Werke teilweise zerstört und schließlich die Reste von sowjetischen Truppen demontiert.

Bis 1939 hatte sich eine Ansammlung der optischen und feinmechanischen Industrie in und um Berlin mit 2.244 Unternehmen und Werkstätten und insgesamt 27.248 Menschen herausgebildet (Statistisches Amt von Groß-Berlin 1947: 11). Am Ende des Zweiten Weltkrieges waren jedoch 75–80 % (in manchen Fällen 100 %) der Werkanlagen und Laboratorien der optischen und feinmechanischen Industrie in Berlin Brandenburg zerstört oder als Reparation abtransportiert. Die größten Optikunternehmen mit Sitz in Berlin (zum Beispiel Philips, Kodak, Zeiss-IKON, Siemens, Osram) verlagerten Verwaltung, Produktion und/oder Forschung und Entwicklung in den folgenden Jahren aus Berlin. Andere Unternehmen verschwanden kriegsbedingt auch von der Bildfläche. Viele benachbarte Industrien in Berlin teilten ein ähnliches Schicksal und die gesamte wissenschaftliche Landschaft musste restrukturiert werden. Als Ergebnis

Degea Werk in Berlin
© Osram GmbH

verlor Berlin wertvolle Ressourcen und seine Position als eines der bedeutsamsten und innovativsten industriellen (und optischen) Ballungszentren in Deutschland (Leupoldt 1993).

Gespaltene Entwicklung in Ost und West zwischen 1945 und 1989

Die ersten Bemühungen zum Aufbau der optischen und feinmechanischen Industrie in Berlin Brandenburg nach dem Krieg konnten in Ost und West nur von den noch vorhandenen Ressourcen sowie den aus dem Krieg zurückgekehrten Menschen ausgehen. In West-Berlin wurde das Osram-Werk in Wedding wieder hergerichtet, während das frühere Stammwerk und die Firmenzentrale im Ostteil der Stadt enteignet wurden. Aufgrund der späteren Insellage Berlins verlagerte Osram Teile der Verwaltung und die Forschung und Entwicklung nach Bayern. Osram bekannte sich aber explizit zu Berlin und investierte dementsprechend. 1971/1972 eröffnete Osram in der Nonnendammallee in Berlin-Siemensstadt einen neuen modernen Produktionsstandort zur Fertigung von Leuchtstofflampen und Hochdruckentladungslampen.

Bei Zeiss-IKON wurde nach dem Zweiten Weltkrieg die Produktion von Sicherheitsschlössern, Lampen und Kameras sowie von Kolorimetern wieder aufgebaut. Im Jahr 1948, russische Truppen blockierten die Zufahrtswege nach Berlin, verlagerte Zeiss-IKON jedoch den Firmensitz nach Stuttgart. Trotz widriger wirtschaftlicher Umstände wurde das Goerzwerk in Zehlendorf wieder aufgebaut. 1973 wurde bei Zeiss-IKON der Ausstieg aus dem Kamerageschäft beschlossen und somit auch in Berlin aufgegeben.

Der Firmensitz wurde wieder nach Berlin verlagert und im Goerzwerk konzentrierte man sich nun auf die Weiterentwicklung des Schließanlagengeschäftes. Auch wenn die wirtschaftliche Situation in Berlin als „angespannt“ zu bezeichnen war und nur eine geringere Zahl von Unternehmen der optischen und feinmechanischen Industrie in Berlin verblieb, gelang es einigen Unternehmen sich neu zu etablieren (zum Beispiel Schmidt & Haensch, Steindorff und Semperlux, Berliner Glas).

Einfacher Rubin-Laser, Ende 1961
© TU Berlin

Auf dem Gebiet der (optischen) Wissenschaften nahmen umfassende Veränderungen ihren Lauf. Die Technische Hochschule in Berlin-Charlottenburg begann nach starken Zerstörungen mit dem Wiederaufbau. Das Kaiser-Wilhelm-Institut für Physik wurde nicht mehr in Berlin sondern 1948 in Göttingen als Max-Planck-Institut für Physik wieder eröffnet und 1958 nach München verlagert. Als Reaktion auf die Unterdrückung von freier Lehre, Forschung und Meinungsäußerung an der Berliner Universität im Ostteil der Stadt wurde 1948 die Freie Universität in verlassenen Gebäuden der Kaiser-Wilhelm Gesellschaft in Berlin-Dahlem eröffnet. Der neue Fachbereich Physik bezog die Räume des alten KWI für Physik. Die Physikalisch Technische Bundesanstalt (PTB vormals PTR) wurde in Braunschweig neu eingerichtet. In Berlin jedoch wurde eine Außenstelle wieder auf dem alten Charlottenburger Campus eröffnet. Die Präsenz der PTB in Berlin war dann in den 1970er-Jahren auch mitentscheidend dafür, dass in Berlin-West die Synchrotron Strahlungsquelle (BESSY) aufgebaut werden konnte.

Bereits seit den frühen 1960er-Jahren bildeten sich besondere Kompetenzen im Bereich der Lasertechnik heraus, später insbesondere bei Anwendungen in der Materialbearbeitung und Bio-Medizin (zum Beispiel TU Berlin, FU Berlin, LMTB). Des Weiteren gehörte seit den 1970er-Jahren der Bereich der optischen Datenübertragung (insbesondere Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut, Siemens, Bundespost) zu den Schwerpunkten in West-Berlin.

Im Ostteil der Stadt wurde nach dem Krieg von der sowjetischen Besatzungsmacht eine umfassende Demontage von Industrieanlagen betrieben, eine umfangreiche Enteignungspolitik umgesetzt und Unternehmen in volkseigene Betriebe überführt. In der Wissenschaft wurde die Berliner Universität als Humboldt Universität 1946 für den Lehrbetrieb wiedereröffnet. Die naturwissenschaftliche Forschung wurde in der Akademie der Wissenschaften (AdW) konzentriert und zunehmend in Berlin-Adlershof angesiedelt. Zu den bedeutsamen optikrelevanten Instituten, die zu Zentren der Optik- und Laserforschung in der DDR wurden, gehörten zum Beispiel das Zentralinstitut für Elektronenphysik (ZIE) und das Zentralinstitut für Optik und Spektroskopie (ZOS). Während sich das ZOS zum Zentrum für die (Kurzpuls-)Laser- und Spektroskopieforschung in Ostdeutschland entwickelte, konzentrierte sich das ZIE auf GaAs- und Si-Elektronik. Das Zentrum für wissenschaftlichen Gerätebau (ZWG) der AdW wurde 1963 in Berlin-Adlershof angesiedelt. Es hatte eine Monopolstellung bei der Ausrüstung der wissenschaftlichen Gruppen – zum Beispiel in weiten Bereichen der Optik- und Röntgentechnologieforschung – in der DDR inne. 1989 arbeiteten ca. 5.600 Menschen für die AdW in Berlin-Adlershof.

Auf der Seite der Optikindustrie in Ost-Berlin können zwei Beispiele die Entwicklung illustrieren. Nach 1945 wurde das ehemalige AEG Oberspree-Werk in Berlin-Oberschöneweide wieder aufgebaut und die Produktion von (Radio-) Röhren wieder aufgenommen. In den 1960ern, 1970ern und 1980ern wurde das Produktionsportfolio erheblich erweitert und umschloss schließlich auch Siliziumdioden, Licht emittierende Dioden (LEDs), Photodioden, Photoransistoren, optoelektronische Koppler, Flüssigkristallanzeigen (LCDs) und Farbfernsehröhren. Bis 1989 waren im Oberspree-Werk bis zu 9.000 Mitarbeiter in der Produktion von (Fernsehbild-)Röhren und Halbleitern beschäftigt. Das Ost-Berliner Osram-Werk und der Osram-Firmensitz in Berlin-Friedrichshain (Werk D) wurde 1945 enteignet und in das VEB Berliner Glühlampenwerk „Rosa Luxemburg“ transferiert und die Produktion von Lampen wurde wieder aufgenommen. 1969 wurde das Werk mit den Lampenwerken in Plauen, Oberweißbach, Brand-Erbisdorf und Tambach-Dietharz zum Narwa Kombinat zusammen-

geschlossen. Bis 1989 arbeiteten ca. 5.000 Beschäftigte in der Produktion von Leuchtmitteln in Berlin-Friedrichshain.

In Rathenow, der „Stadt der Optik“, behinderten die immensen Zerstörungen, Reparationen und der Mangel an qualifizierten Mitarbeiten in den ersten Nachkriegsjahren den Wiederaufbau der optischen Industrie erheblich. Die Optikunternehmen in der Stadt wurden nach und nach enteignet und im VEB Rathenower Optische Werke (ROW) zusammengefasst, der 1966 Teil des Carl-Zeiss-Jena-Kombinats wurde. Bis zur Wende waren in Rathenow ca. 4.420 Menschen in der Produktion insbesondere von Brillen beschäftigt.

Phoenix aus der Asche

Nach 1989 durchlebte das Feld der Optischen Technologien erneut eine umfassende Transformation. Während die Entwicklung des Feldes im Westteil der Stadt eher graduell ablief und somit eine gewisse Stabilität ausstrahlte, wurden die meisten Ost-Berliner und Brandenburger Unternehmen und Forschungseinrichtungen geschlossen, verkauft oder zumindest in ihrer Größe erheblich reduziert. Was für die persönliche Situation des Einzelnen in vielen Fällen mit Arbeitslosigkeit und beruflicher Neuorientierung verbunden war, kann in der Rückschau auch als ein Segen für die Region interpretiert werden. So wurden insbesondere in Adlershof eine Vielzahl und Vielfalt neuer Optikunternehmen gegründet, die einen Ausgangspunkt für die dynamische Entwicklung, wie wir sie heute erfahren, bildeten. Zu dieser Entwicklung hat die Entscheidung des Berliner Senats beigetragen, in Adlershof eine Stadt der Wissenschaft und Wirtschaft aufzubauen. Die AdW-Nachfolgeeinrichtungen wie zum Beispiel das Max-Born-Institut und das Ferdinand-Braun-Institut wurden ebenfalls in Adlershof eingerichtet und beschäftigten teilweise Experten und Fachgruppen aus der ehemaligen AdW. BESSY II wurde in Adlershof aufgebaut und um die Jahrtausendwende die Naturwissenschaftlichen Institute der Humboldt Universität hierher verlagert, sodass sich eine einmalige und effiziente Ballung an wissenschaftlichen Einrichtungen und innovativen Unternehmen ergeben hat.

Hauptgebäude der Rathenower Optischen Werke nach 1945, vor 1945 Firma Nitsche & Günther
© Kulturzentrum Rathenow/ Optikindustriemuseum

Narva-Turm, errichtet 1906–1912 für die Deutsche Gasglühlicht AG (Auer-Gesellschaft), später Sitz des Glühlampenherstellers Narva
© Frank Wolfrum

Ansprechpartner: Dr. Frank Lerch

OpTecBB e. V.

Telefon: 030 6392 1728
E-Mail: lerch@optecbb.de

3 Standorte

3.1 Süd-Ost

Auf dem Wachstumspfad – Photonik in Berlin Adlershof

Der Südosten Berlins besitzt eine lange Tradition in den optischen Technologien. Doch auch die Zukunft lässt Großes erwarten. In den letzten Jahren hat vor allem der Standort Adlershof eine bemerkenswerte Dynamik entwickelt. Neben großen universitären und außeruniversitären Forschungsinstituten bereichern zahlreiche Neugründungen die Photonikbranche. Auch große Firmen haben sich in Adlershof angesiedelt, durch Aufkäufe oder Niederlassungen.

In Adlershof finden immer öfter internationale Konferenzen statt
© WISTA-Management GmbH

Im gesamten Entwicklungsgebiet Adlershof sind inzwischen über 1.000 Anlieger ansässig. Die Anzahl der Mitarbeiter liegt bei fast 17.000, der im Technologiepark generierte Umsatz hat 2016 die Marke von zwei Milliarden Euro überschritten. Gut die Hälfte der Unternehmen bildet zusammen mit den Forschungseinrichtungen den technologischen Kern des Standorts. In diesem besonders innovativen Umfeld stiegen die Umsätze 2016 im Vergleich zum Vorjahr um 9,7 %, während die Zahl der Beschäftigten im Hightech-Bereich um 5,4 % auf über 6.400 zunahm, wobei die Photonik hier zu den wachstumsstärksten Sparten gehört.

Forschung von Weltrang in Universitäten und Instituten

Früher war Adlershof die Wiege der deutschen Luftfahrt, in der Zeit der deutschen Teilung entstand hier eines der wichtigsten Forschungszentren der DDR. Die Akademie der Wissenschaften war hier angesiedelt und betrieb insbesondere im Bereich der optischen Technologien Forschung auf internationalem Spitzenniveau. Nach der deutschen Einheit galt es, die Forschungsinfrastruktur im gesamtdeutschen Kontext neu aufzustellen. Forschungsverbünde wie die Helmholtz- und die Leibniz-Gemeinschaft übernahmen frühere Akademie-Institute. Einige Mitarbeiter ergriffen auch die Chance, ihre Produkte auf den Weltmarkt zu bringen, und gründeten eigene Unternehmen. Bereits kurz nach der Wende entstanden mehrere Dutzend Hightech-Firmen, deren Gründergeist auf den gesamten Standort abstrahlt. Hierzu zählen unter anderem die Firmen Bruker Nano (vormals Röntec), LTB, BESTEC oder LLA Instruments.

Heute ist Adlershof der größte Wissenschafts- und Technologiepark Deutschlands. Damit ist der ambitionierte

Lageplan des Technologieparks Adlershof
© WISTA-Management GmbH

Institut für Chemie der Humboldt-Universität Berlin
© WISTA Management GmbH

Integrative Research Institute for the Sciences IRIS
© IRIS Adlershof

Plan des Berliner Senats, eine „integrierte Landschaft aus Wissenschaft und Wirtschaft Adlershof“ zu schaffen, voll aufgegangen.

Von entscheidender Bedeutung für den Standort war der Aufbau des Campus Adlershof der **Humboldt Universität zu Berlin (HUB)**. Als ehemalige Arbeitsstätte von Koryphäen wie Max Planck und Albert Einstein ist die Humboldt-Universität nicht nur eine der traditionsreichsten Universitäten auf dem Gebiet der Erforschung des Lichts weltweit, sie zählt auch aktuell zu den Exzellenz-Universitäten in Deutschland.

Um die Jahrtausendwende zogen die Humboldt-Institute der Chemie, Physik, Geographie, Informatik, Mathematik und Psychologie nach Adlershof. In den modernen Räumlichkeiten bieten sich hervorragende Möglichkeiten für Lehre und Forschung. 6.700 Studenten sind derzeit dort eingeschrieben. Die kurzen Wege ermöglichen nicht nur dem wissenschaftlichen Nachwuchs in die Welt der Hochtechnologie „hineinzuschnuppern“, sondern geben umgekehrt auch den Firmen Gelegenheit, sich über die neuesten Entwicklungen der Grundlagenforschung auf dem Laufenden zu halten.

www.hu-berlin.de

Für grundlegende Forschung zu neuen Materialien und ihren Eigenschaften sind nicht nur die Fakultäten für Physik und Chemie von besonderer Bedeutung. Das Institut für Chemie hat 2012 im Rahmen der Exzellenzinitiative die Graduiertenschule **School of Analytical Sciences Adlershof (SALSA)** ins Leben gerufen. Hierzu gehören die Application Labs zur themenübergreifenden Entwicklung neuer Werkstoffe und analytischer Methoden. Eines der wichtigsten Labore ist das Photonics Application Lab, an dem unter anderem auch die Arbeitsgruppe Physikalische Chemie der Universität Potsdam beteiligt ist.

www.salsa.hu-berlin.de

Seit 2009 gibt es in Adlershof das **Integrative Research Institute for the Sciences (IRIS)**. Dieses Institut arbeitet fakultätsübergreifend, etwa durch die Einrichtung von Brückenprofessuren, mit denen Wissenschaftler an mehreren Instituten innerhalb und außerhalb der Universität forschen und lehren können. Die Nutzung kooperativer Forschungsinfrastrukturen ermöglicht auch eine gute Vernetzung mit der Wirtschaft und vermittelt technologische Impulse. Kerngebiet der Arbeit am IRIS Adlershof sind neuartige hybride Materialien mit bislang unzugänglichen optischen, elektronischen, chemischen und mechanischen Eigenschaften.

Außeruniversitäre Institute

Die große Attraktivität von Adlershof lässt sich auch an der umfangreichen außeruniversitären Forschungslandschaft ablesen. Elf Institute beschäftigen insgesamt über 1.800 Mitarbeiter, von denen rund 1.000 in der Forschung aktiv sind. Knapp 200 Doktoranden arbeiten mit ihrer Dissertation in Grundlagen- und angewandter Forschung. Die Interessen dieser Einrichtungen vertritt die **Initiativgemeinschaft Außeruniversitärer Forschungseinrichtungen in Adlershof e. V. (IGAFA)**.

Elektronenspeicherring BESSY II
© HZB

Eine weltweit bekannte Lichtquelle in Adlershof und zugleich eine der größten Forschungseinrichtungen in Berlin ist BESSY II. Diese Synchrotronstrahlungsquelle gehört zum **Helmholtz-Zentrum Berlin (HZB)** und liefert hochbrillante Photonenpulse mit einzigartigen Eigenschaften. Die Wellenlängen reichen dabei vom Terahertz- bis in den harten Röntgenbereich. Verschiedene Undulator-, Wiggler- und Dipolquellen beschicken die rund 50 Strahlrohre mit der gewünschten elektromagnetischen Strahlung und bieten den etwa 2.000 Nutzern vielfältige Experimentiermöglichkeiten. An den wissenschaftlichen Instituten des HZB selbst steht die Forschung zu erneuerbaren Energien im Fokus – neben neuen Materialien und alternativen Energieträgern vor allem die Dünnschicht-Photovoltaik.

Auf ultrakurze Photonenpulse und Vorgänge auf schnellsten Zeitskalen ist das **Max-Born-Institut für Nichtlineare Optik und Kurzzeitspektroskopie im Forschungsverbund Berlin e. V. (MBI)** spezialisiert. Über gemeinsame Berufungen sind die drei Direktoren eng mit den Berliner Universitäten verbunden: Die Direktoren haben jeweils an einer der Berliner Universitäten eine Professur. Die Wissenschaftler am MBI entwickeln und nutzen extrem kurze und intensive Laser und laserbasierte Kurzpuls-Lichtquellen. Ziel ist die Erforschung der ultraschnellen Dynamik bei der Wechselwirkung von Licht und Materie. Damit lassen sich ultraschnelle Vorgänge in Clustern, Plasmen, Oberflächen und Festkörpern untersuchen.

Eine für die Photonik nicht zu unterschätzende Rolle spielt das **Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ)**. Hier arbeiten Wissenschaftler an neuen Methoden der Kristallzüchtung und -charakterisierung. Zum Forschungsgebiet gehören Volumenkristalle, kristalline Schichten und Nanostrukturen, von der Grundlagenforschung bis zur Anwendungsreife. Die entwickelten Materialien kommen nicht nur in der Opto- und Leistungselektronik zum Einsatz, sondern auch in der Photovoltaik, Lasertechnik und Sensorik. Das IKZ gehört wie das MBI zum Forschungsverbund Berlin e. V. und ist Teil der Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz.

Auf Oxide spezialisiert ist der **Leibniz ScienceCampus Growth and Fundamentals of Oxides (GraFOx)**. Die Partner von GraFOx sind das Paul-Drude-Institut, das IKZ, die HU Berlin und TU Berlin sowie das Fritz-Haber-Institut. Das Themenspektrum deckt die wichtigsten, zukunftsträchtigen Materialien auf dem Gebiet ab und reicht von Isolatoren über Halbleiter bis hin zu metallischen Leitern und Supraleitern. Auch an magnetischen Materialien, ferro- und antiferroelektrischen Oxiden und Perowskiten wird hier geforscht.

Eine große Tradition in der Region besitzen die Messtechnik und der wissenschaftliche Gerätebau. Zu DDR-Zeiten waren hier rund 1.700 Menschen in der Entwicklung von Messtechnik beschäftigt. Angesichts der hohen Dichte an wissenschaftlichen Einrichtungen und forschungsstarken Unternehmen ist es nur folgerichtig, dass heute auch die **Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)** eine Zweigstelle in Adlershof unterhält. Direkt neben BESSY II betreibt die PTB einen Niederenergie-Kompaktspeicherring mit einer durchstimmbaren Elektronenenergie von 105 bis 630 MeV. Diese **„Metrology Light Source“ (MLS)** ist für die radiometrischen Belange der PTB optimiert und

Die Metrology Light Source der PTB
© Physikalisch-Technische Bundesanstalt

BAM-Gebäude in Adlershof
© BAM

wird als primäres Strahlungsnormal zur Realisierung und Weitergabe radiometrischer Einheiten im Spektralbereich des nahen IR, des Sichtbaren, des UV, des extremen UV (EUV) und des Vakuum-UV (VUV) genutzt.

Spektroskopische Verfahren spielen auch für das **Leibniz-Institut für Analytische Wissenschaften – ISAS – e. V.** eine wichtige Rolle, das ebenfalls eine Dependance in Adlershof unterhält. Dessen Forscher arbeiten unter anderem an neuen Messverfahren wie der Multi-Parameter-Analyse von biologischen Materialien, um die Prävention und Frühdiagnose von Krankheiten zu verbessern und eine schnellere und präzisere Therapie zu ermöglichen. Dazu kombinieren sie Verfahren aus der Chemie, Biologie, Physik und Informatik.

Die **Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)** entwickelt unter anderem Methoden zur Qualitätssicherung in Forschung und Industrie. Ähnlich wie die PTB auf dem Gebiet der physikalischen Messtechnik, erarbeitet die BAM auf dem Zweiggelände Adlershof Standards für die Charakterisierung von Materialien von der chemischen Analytik bis hin zur hochaufgelösten Spektroskopie.

Ein weiteres Institut, das auf seinem Gebiet weltweit beachtete Resultate erzielt, ist das **Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik (FBH)**. Mit über 200 Mitarbeitern ist es eines der führenden Institute für industrie- und anwendungsorientierte Forschung in der Mikrowellen- und Optoelektronik. Schwerpunkte der Arbeit sind elektronische und optische Komponenten sowie Module und Systeme auf der Basis von Verbindungshalbleitern. Außerdem entwickelt das Institut leistungsstarke und hochbrillante Diodenlaser, UV-Leuchtdioden und hybride Lasersysteme vom sichtbaren bis zum ultravioletten Spektralbereich. Die Anwendungsfelder reichen von der Medizintechnik, Präzisionsmesstechnik und Sensorik bis hin zur optischen Satellitenkommunikation.

Der Schritt zur eigenen Firma

Einen besonderen Service für junge Wissenschaftler, die den Sprung ins Geschäftsleben wagen wollen, bietet die **Spin-off Zone Campus Adlershof**. Hier finden Gründer eine breite Infrastruktur mit Dutzenden Arbeitsplätzen, Konferenz- und Seminarräumen, Weiterbildungsangeboten mit Experten und eine Gründungslounge für den kreativen Austausch.

Stellt sich das Geschäftsmodell eines Start-ups als zukunftsträchtig heraus, prüfen WISTA und die **Innovations-Zentrum Berlin Management GmbH (IZBM)**, ob eine Umsiedlung in den Wissenschafts- und Technologiepark Adlershof möglich ist.

Die **WISTA Management GmbH** begleitet junge Firmen von der Firmengründung bis zum Bezug des eigenen Gebäudes. Im Technologiepark Adlershof bestehen insgesamt sechs Innovations- und Gründerzentren – die Sparte „Optik und Photonik“ ist dabei die erfolgreichste. Die Synergien zwischen Wissenschaft und Industrie machen es möglich, neue Erkenntnisse und Verfahren schnell in vermarktbare Produkte überzuführen und zugleich Arbeitsplätze für den qualifizierten Nachwuchs zu schaffen.

In dieser Multiwaferanlage für metallorganische Gasphasenepitaxie lassen sich atomlagendünne Materialschichten auf Substratmaterial abscheiden
© FBH/schurian.com

Lehrraumgebäude des Instituts für Physik
© WISTA-Management GmbH

Bereits seit 1991 besteht das **Innovations- und Gründer-Zentrum (IGZ)**, das die schnelle Umsetzung von neuen Technologien in marktreife Produkte ermöglichen soll. Hinzu kommt das **Ost-West-Zentrum (OWZ)** für Unternehmer aus Mittel- und Osteuropa sowie mehrere themengebundene Gründerzentren für Photonik und Optische Technologien, Photovoltaik und Erneuerbare Energien, Mikrosysteme und Materialien, Biotechnologie und Umwelt sowie Informationstechnik und Medien.

Sehr erfolgreich ist auch das **Zentrum für Photonik und Optische Technologien (ZPO)**. Das ZPO allein verfügt

Das Zentrum für Photonik und Optische Technologien in Adlershof
© WISTA-Management GmbH

mittlerweile über sechs Gebäude mit einer Grundfläche von 18.500 Quadratmetern. Es bietet zehn jungen Firmen Platz für die Entwicklung und Herstellung ihrer Produkte.

Die Anwendungsbereiche sind vielfältig und reichen von der Oberflächenanalyse über die Medizintechnik bis hin zur optischen Datenkommunikation und zu Lasersystemen mit höchster Brillanz.

Ein breites Netzwerk

Die starke Konzentration optischen Know-hows ist für alle Beteiligten nicht nur wegen des Austauschs von Ideen ein großer Standortvorteil. Gerade für kleinere Unternehmen mit begrenzten Mitteln erleichtert es auch den Zugang zum Weltmarkt. So ist Adlershof seit vielen Jahren auf dem deutschen Gemeinschaftsstand auf der „Photonics West" vertreten, der führenden Branchenmesse in San Francisco, ebenso wie auf der Berlin Brandenburger Gemeinschaftspräsentation der Fachmesse „Laser – World of Photonics" in München. In Adlershof finden zahlreiche Photonik-Veranstaltungen statt, zunehmend mit internationalen Partnern wie den europäischen und amerikanischen optischen Gesellschaften EOS und OSA oder dem European Photonics Industry Consortium (EPIC). Seit 2017 ist Adlershof auch Standort der Photonik Tage Berlin Brandenburg (siehe Kapitel 6.2 „Netzwerke").

Federführend fördert das Berlin Brandenburger Cluster Optik und Photonik den Informationsaustausch zwischen allen Akteuren in der Region. Partner im Clustermanagement sind die Wirtschaftsförderungen der Länder Berlin und Brandenburg, Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie und Wirtschaftsförderung Land Brandenburg sowie der ebenfalls in Adlershof ansässige regionale Branchenverband OpTecBB e. V.

www.optik-bb.de

Industrie in Adlershof: Alle Gewichtsklassen vertreten

Vom Start-up bis zum Weltkonzern: In Adlershof finden sich Firmen aller Größenordnungen und aus fast allen wichtigen photonischen und optischen Technologiefeldern. In den letzten Jahren hat sich dank der guten Zusammenarbeit von Grundlagen- und angewandter Forschung insbesondere das Gebiet der Dioden-Laser schnell entwickelt.

Zu den Großen vor Ort gehört der weltweit aktive Analytik-Konzern Bruker, dessen Tochter **Bruker Nano GmbH** ein Adlershofer Zukauf ist. Entstanden ist sie aus der auf Röntgenanalytik spezialisierten Firma Röntec. Sie gehörte zu den Gründungen aus dem Umfeld der Akademie der Wissenschaften und konnte seitdem erheblich wachsen.

Auch die **TRUMPF Laser GmbH + Co. KG** ist in Adlershof aktiv. Seit Oktober 2015 besitzt TRUMPF dort eine Zweigstelle, nicht weit entfernt vom Ferdinand-Braun-Institut. Mit ihren insgesamt 11.200 Mitarbeitern (2017) und einem Umsatz von über drei Milliarden Euro gehört TRUMPF zu den globalen Anbietern im Bereich Werkzeugmaschinenbau. Gleichzeitig ist Trumpf eine der größten Laserfirmen der Welt. Insbesondere im Bereich der Hochleistungs-Diodenlaser ist das Unternehmen aktiv und hat sich durch enge Vernetzung vor Ort und den Zukauf strategisch interessanter Firmen wie der Adlershofer c2go inprocess solutions GmbH eine gute Ausgangsbasis geschaffen. Damit will TRUMPF seine Technologie- und Marktführerschaft in diesem Bereich ausbauen.

Diodenlaser für die Materialbearbeitung von TRUMPF. Mittlerweile hat das Unternehmen die Ein-Kilowatt-Grenze bei Halbleiterlasern geknackt
© TRUMPF GmbH & Co. KG

Ebenfalls auf dem Gebiet der Diodenlaser aktiv ist die **Jenoptik AG**. In Adlershof betreibt sie das Jenoptik Diode Lab, das zugleich eine Tochtergesellschaft und Ausgründung des FBH ist. Hier werden hochwertige Halbleitermaterialien für Hochleistungsdiodenlaser entwickelt. Um die Wege kurz zu halten, findet auch die Fertigung in Adlershof statt – ein gutes Beispiel für die gelungene Verbindung von Forschung und Entwicklung auf der einen und Produktion auf der anderen Seite.

Eine der anspruchsvollsten Anwendungen der Lasertechnik bedient die Firma **eagleyard Photonics GmbH**: Laser für den Weltraumeinsatz. Mehrere Systeme von eagleyard haben inzwischen die komplexen Tests für die Weltraumqualifikation bestanden und sind in verschiedenen Missionen im Einsatz. Möglich wurde das durch die Nähe von Forschungseinrichtungen und Industrie in Adlershof.

www.eagleyard.com

Laserdiode für Weltraumprojekte
© eagleyard Photonics GmbH

Zahlreiche kleine und mittlere Unternehmen nutzen ebenfalls die Standortvorteile von Adlershof. Inzwischen sind dort im Bereich Optik, Photonik und Mikrosystemtechnik über 120 Firmen tätig mit rund 1.600 Mitarbeitern. Trotz der Finanzkrise ist im letzten Jahrzehnt ein konstantes Wachstum zu verzeichnen. Auch ein gewisser Trend zu den eigenen vier Wänden zeichnet sich ab: Etliche ehemalige Start-ups wie Sentech, sglux, LTB oder LLA haben in den letzten Jahren die Gründer- und Technologiezentren verlassen und in eigene Immobilien investiert. Damit entwickelt sich Adlershof nicht nur zum Jobmotor für den hochqualifizierten Nachwuchs, sondern auch als überregionales Innovationszentrum in den Bereichen Optik und Photonik. Dies spiegelt sich in der guten Vernetzung der verschiedenen Akteure wider.

Ansprechpartner: Dr. Bernd Ludwig

WISTA-MANAGEMENT GMBH
Zentrum für Photonik und Optik

Telefon: 030 6392 2252
E-Mail: b.ludwig@wista.de

Schöneweide – traditionsreiche Industrieregion im Aufbruch

Die Entwicklung von Schöneweide wurde vor mehr als 100 Jahren geprägt durch die AEG, einst das größte deutsche Unternehmen. Sie prägte das Gesicht dieser industriellen Berliner Region, wovon heute noch zahlreiche Bauwerke eindrucksvoll Zeugnis ablegen. Berlin war damals die größte deutsche Industriestadt und wurde dank seiner hochmodernen Elektroindustrie auch „Elektropolis“ genannt.

Nach Ende des Zweiten Weltkrieges und in der Zeit der DDR konzentrierten sich im Osten Berlins die führenden Betriebe der elektrotechnischen und elektronischen Industrie. Das Kabelwerk Oberspree (KWO), das Transformatorenwerk Oberspree (TRO) und das Werk für Fernsehelektronik (WF) knüpften im Raum Oberschöneweide an die frühere AEG-Tradition an.

Gegen Ende der DDR kam es immer stärker zu Überalterungen der industriellen Anlagen – auch in der Industrieregion Schöneweide. Nach der Wende vollzog sich hier in kürzester Zeit ein struktureller Wandel – die Industrie nach altem Muster verschwand und mit ihr über 25.000 Arbeitsplätze. Know-how und qualifizierte Arbeitskräfte wanderten ab. Schönweide wurde zu einer Problemregion.

In Schöneweide trifft modernste Technologie auf historische Industriearchitektur
© HTW Berlin/Alexander Rentsch

Durch das unternehmerische Engagement von Ingenieuren, Technikern und Wissenschaftlern konnten aus den alten Industriekernen neue mittelständische Strukturen aufgebaut werden. Das betrifft vor allem Technologiefelder wie Maschinenbau, Elektrotechnik, Energiewirtschaft, aber auch die optischen Technologien und die Mikrosystemtechnik.

Der Campus Wilhelminenhof der HTW nutzt die alten AEG-Gebäude am Spreeknie
© HTW Berlin/Philipp Meuser

Heute ist Schöneweide ein Zukunftsort. Bis 2017 wurden etwa 3.000 Arbeitsplätze neu geschaffen, durch den Brückenschlag von Kreativwirtschaft und Hochtechnologien sollen bis 2035 noch einmal 10.000 dazukommen. Die Basis dafür ist eine moderne Infrastruktur in oft historischen Gebäuden: Ein modernes Technologie- und Gründerzentrum, das TGS Spreeknie, wurde aufgebaut, der Senat plant gemeinsam mit der WISTA GmbH ein weiteres Innovations- und Technologiezentrum zu „Digitalisierung der Produktion und Industrie 4.0“.

Forschung und Industrie am Spreeknie

Auf dem ehemaligen AEG-Gelände an der Wilhelminenhofstraße haben die **Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW)** und mit ihr inzwischen etwa 9.000 Studierende eine neue Heimat gefunden. Aus Karlshorst sind die Studiengänge Gestaltung, Ingenieurwissenschaften, Angewandte Informatik, Internationale Medieninformatik, Wirtschaftskommunikation und Wirtschaftsingenieurwesen in das Industriegebiet gezogen. Geplant ist die Umsiedlung weiterer Bereiche mit noch einmal 4.000 Studierenden.

Die HTW hat sich inzwischen zu einem fruchtbaren Boden für Ausgründungen entwickelt. Dafür verwaltet sie knapp die Hälfte des TGS Spreeknie. Zu den erfolgreichsten Ausgründungen gehört die botspot GmbH, die mit ihren schnellen 3D-Scannern für Menschen und andere große Objekte in den letzten Jahren im medialen Fokus stand.

www.htw-berlin.de

Schöneweide liegt verkehrsgünstig im zukünftigen „Flughafenkorridor" zwischen Schönefeld und der Innenstadt und in unmittelbarer Nähe von Adlershof – einem führenden Wissenschafts- und Technologiepark in Europa. Durch umfangreiche Sanierungen bietet der Standort architektonisch reizvolle Wohn- und Gewerbeimmobilien – zum Teil in direkter Spree-Wasserlage.

Zu den inzwischen bekannten Unternehmen im Bereich der optischen Technologien und Mikrosystemtechnik zählen die Sensorikunternehmen iris, First Sensor und botspot, der Laserhersteller CryLaS, die Komponentenentwickler Crystal und Leoni Fiber Optics oder auch der Anlagenbauer BOS Berlin Oberspree Sondermaschinenbau.

Photonik im Grünen: Innovationspark Wuhlheide
Nicht weit entfernt vom Spreeknie liegt der Innovationspark Wuhlheide. Mitten im Grünen wurde hier 1990 das erste Technologie- und Gründerzentrum der neuen Bundesländer gegründet. Inzwischen ist es ein beliebter Standort für kleine und mittelständische Firmen – auch aus dem Photonikbereich. Das Themenspektrum reicht dabei von Optoelektronik (Epigap Optronic, rap.ID Particle Systems) über Lichttechnik (FutureLED) und Umweltanalytik (OUT e. V.) bis zur Medizintechnik (Jenoptik Polymer Systems).

www.innovationspark.berlin

Ansprechpartner: Thomas Niemeyer

Regionalmanagement Oberschöneweide

Telefon: 030 53041112
E-Mail: niemeyer@schoeneweide.com

Die iris-GmbH stellt Infrarotsensoren und spezielle Chips für Fahrgastzählungen her
© Regionalmanagement Schöneweide/Tina Merkau

Nicht nur beim Studium erste Wahl: Photonik in Wildau

Die **Technische Hochschule Wildau (TH Wildau)** wurde am 22. Oktober 1991 als Technische Fachhochschule Wildau gegründet und bietet seit 2002 den Masterstudiengang Photonik an. Sie ist die größte (Fach)Hochschule im Land Brandenburg und knüpft an die Tradition der ehemaligen Ingenieurschule Wildau an. Ihr attraktives Studienangebot umfasst 31 Studiengänge in naturwissenschaftlichen, ingenieurtechnischen, betriebswirtschaftlichen, juristischen und Managementdisziplinen. Ein besonderes Kennzeichen ist ihre Internationalität. Knapp 25 % der Studierenden kommen aus mehr als 60 Ländern. Kooperationsverträge, Studenten- und Dozentenaustausche verbinden die TH Wildau weltweit mit über 140 akademischen Bildungseinrichtungen.

Auch der Campus der TH Wildau befindet sich auf einem traditionsreichen Industrieareal des früheren Lokomotiv- und Schwermaschinenbaus. Die gelungene Symbiose aus denkmalgeschützter Industriearchitektur und preisgekrönten modernen Funktionsgebäuden setzt städtebaulich Maßstäbe.

Die Hochschule belegt in der angewandten Forschung seit Jahren bundesweit einen Spitzenplatz und besitzt einen anerkannten Ruf als Kompetenzzentrum für wichtige Wissenschaftsdisziplinen. Der Schwerpunkt Photonik und optische Technologien spielt eine wesentliche Rolle in der Forschung und Lehre der TH Wildau und findet sich in vielen Bereichen wieder. Dazu zählen Anwendungen der optischen Technologien im Maschinenbau, aber auch in den Bio- und Lebenswissenschaften, in Logistik und Angewandter Informatik/Telematik sowie in der Luftfahrttechnik und in der Regenerativen Energietechnik.

Die TH Wildau hat 2014 ihre Kompetenzbereiche und in Konsequenz ihre Forschungsfelder neu definiert. Drei der sechs Forschungsfelder wurden in der Forschungslandkarte der Hochschulrektorenkonferenz als Forschungsschwerpunkte aufgenommen. Der Bereich Optische Technologien/Photonik stellt einen dieser Forschungsschwerpunkte dar und trägt daher erheblich zur Profilbildung der Hochschule bei. Die TH Wildau ist damit eine der wenigen (Fach-) Hochschulen, die mit mehreren Forschungsschwerpunkten in der Forschungslandkarte vertreten ist. Neben der Professur von Prof. Dr. Sigurd Schrader gibt es seit 2017 eine weitere Professur für Laser- und Plasmatechnologien.

Dr. Christoph Gerhard hat seit dem Wintersemester 2017/2018 eine Professur für Plasma- und Lasertechnik übernommen.

Photonik-Studium an der TH Wildau

In Wissenschaft und Technik steht die Verknüpfung von Optik und Elektronik zunehmend im Mittelpunkt des Interesses. Der Masterstudiengang Photonik der TH Wildau vermittelt die dafür erforderlichen Kenntnisse und Fähigkeiten, wobei theoretisch erlerntes Wissen in intensiv betreuten Praktika und Projekten angewandt und vertieft wird. Nach einer Regelstudienzeit von vier Semestern, die auch die eigenständige Anfertigung einer Masterarbeit umfasst, stehen den Absolventen Beschäftigungsmöglichkeiten in Industrie, Forschung und dem höheren öffentlichen Dienst offen.

Der Studiengang wird gemeinsam von der Technischen Hochschule Wildau und der Technischen Hochschule Brandenburg angeboten. Es finden Lehrveranstaltungen an beiden Hochschulen statt, die Einschreibung erfolgt an der TH Wildau.

Mit der Universität Roma II „Tor Vergata“ besteht ein Abkommen über einen Doppelabschluss im Studiengang „Materials Engineering“ (M.Sc.). Mit zwei erfolgreichen Semestern in diesem Studiengang an der Universität Rom Tor Vergata kann der dortige Abschluss Master of Sciences (M.Sc.) in „Materials Engineering“ erreicht werden.

Zum Photonik-Studium an der TH Wildau gehört modernste Technik, zum Beispiel für Beschichtungen, Laser- und Plasmatechnologien sowie für die Materialanalyse
© TH Wildau/Dr. Patrick Steglich

Umgekehrt können die dortigen Studenten durch zwei Semester an der TH Wildau den Master of Engineering (M.Eng.) in Photonik erhalten. Die Studiengänge wurden dazu aufeinander abgestimmt.

www.th-wildau.de/studieren-weiterbilden/studiengaenge/photonik-m-eng

Forschung und Entwicklung in Wildau

Die TH Wildau kooperiert mit industriellen Partnern, vorwiegend mit kleinen und mittelständischen Unternehmen der Region, aber auch mit nationalen und internationalen Forschungseinrichtungen und Universitäten.

Unter der Leitung von Prof. Dr. Sigurd Schrader arbeitet die Forschungsgruppe der TH Wildau auf dem Gebiet der Photonik, der optischen Technologien, der Laser- und Plasmatechnik sowie Materialographie. Die Forschung verteilt sich auf verschiedene Bereiche:

- Integrierte photonische Bauelementen für die Kommunikationstechnik und Sensorik
- Optische Sensorik und optische Metrologie
- Materialabscheidung und -charakterisierung
- Charakterisierung optoelektronischer Bauteile und Komponenten
- Prozesscharakterisierung und Optimierung

Mit dem **Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik (IHP)** in Frankfurt (Oder) besteht seit 2006 ein Joint Lab. Das Joint Lab ist ein gemeinsames Ausbildungs- und Forschungszentrum, das durch die enge Zusammenarbeit beider Partner Potenziale und Ressourcen bündelt. Die Praktika im Rahmen des Joint Labs ermöglicht eine praxisnahe Ausbildung in den Bereichen der integrierten Photonik, Oberflächentechnik, Mikrosystemtechnik und Materialdiagnostik. Insbesondere profitieren davon der Bachelorstudiengang Physikalische Technologien/Energiesysteme und der Masterstudiengang Photonik der TH Wildau. Die Forschung im Joint Lab fokussiert sich derzeit auf die Entwicklung von hybriden Silizium-Organischen Funktionsbauelementen für die photonische Hochgeschwindigkeitsdatenübertragung im gemeinsamen Forschungsprojekt HOPBIT. Neben diesen Aktivitäten existieren auch noch eine Vielzahl von Forschungsaktivitäten in der integrierten Photonik, der Materialabscheidung und -charakterisierung sowie der Entwicklung von optischen Messtechniken für die Halbleiterindustrie.

Zusammen mit dem Leibniz-Institut IHP in Frankfurt (Oder) entwickelt die TH Wildau integrierte photonische Bauelemente für die Kommunikationstechnik, aber auch Sensorik
© TH Wildau/Dr. Patrick Steglich

www.th-wildau.de/photonik

Industriestandort Wildau
Der Industriestandort Wildau ist geprägt durch kleine und mittlere Unternehmen sowie junge Start-ups, die sich unter anderem aus der TH Wildau ausgegründet haben.

OBERON GmbH Fiber Technologies fokussiert sich auf zwei Anwendungsbereiche in der Photonik, Medizin & Life Science sowie Industrie & Wissenschaft. Sie entwickeln und produzieren faseroptische Spezialkomponenten für die minimalinvasive Lasermedizin und die medizinische Diagnostik sowie für die optische Messtechnik in der Sensorik und Analytik.

www.oberonfiber.com

Das Start-up **Oculyze GmbH**, ein Spin-off der TH Wildau, hat ein mobiles Mikroskopiesystem entwickelt. Es besteht aus einem Smartphone mit Mikroskopaufsatz und automatisierter Bilderkennung. Mikroskopische Bilder werden mit dem Handy aufgenommen und innerhalb von Sekunden in der Cloud ausgewertet. Derzeit liegt der Fokus auf der Analyse von Hefezellen während des Fermentationsprozesses in der Bierherstellung. Weitere Anwendungsfelder in der Landwirtschaft, Medizin und der industriellen Überwachung sollen mittelfristig adressiert werden.

www.oculyze.de

Gute Möglichkeiten finden Wildauer Start-ups im nahe gelegenen **Technologie- und Gründerzentrum TGZ Wildau**. Erste Photonikfirma am Standort ist die **SLT Sensor- und Lasertechnik GmbH**, die neben Leistungs- und Energiesensoren für Laser auch kalibrierfähige THz-Sensoren anbietet.

www.tgz-wildau.de
www.pyrosensor.de

Gleich neben dem TGZ befindet sich ein Standort des Wildauer **Zentrums für Luft- und Raumfahrt**. Neben einer Reihe mittelständischer Unternehmen aus dem Umfeld der Luftfahrt sitzen im ZLR auch einige Optik- und Photonikfirmen, wie die OBERON GmbH oder die **SuperVista AG**. Letztere vermarktet über ihre Website www.brillen.de und über Lizenznehmer Brillen und Kontaktlinsen.

www.zlur.de
www.brillen.de

Der Süden von Berlin ist nicht nur durch seine Nähe zum zukünftigen Großflughafen eine bekannte Adresse in der Luft- und Raumfahrt. Seit 1990 hat sich die Region Berlin Brandenburg zu einem Spitzenstandort für Produktion,

TGZ Wildau
© Wirtschaftsförderung Land Brandenburg GmbH, Fotograf: Till Budde

Außenansicht des Wildauer Zentrums für Luft- und Raumfahrt
© Wirtschaftsförderung Land Brandenburg GmbH, Fotograf: Ulf Boettcher

Forschung und Hochtechnologie in der Luftfahrt entwickelt. Schwergewichte wie Rolls Royce und MTU fertigen, warten und testen Triebwerke und Turbinen. Kreative Mittelständler mit internationalen Verbindungen unterstützen Marktführer durch intelligente Informationstechnologien und entwickeln Prototypen von Kleinflugzeugen und Drohnen.

Bereits heute sind rund 17.000 Beschäftigte in mehr als 100 Unternehmen der Luftfahrtindustrie in der Technologieregion Berlin-Brandenburg tätig. Die Mehrzahl von ihnen ist Mitglied der **Berlin-Brandenburg Aerospace Allianz (BBAA e. V.)** – dem regionalen Wirtschaftsverband der Luft- und Raumfahrtindustrie in der Hauptstadtregion.

www.bbaa.de

Ansprechpartner: Prof. Dr. rer. nat. habil. Sigurd Schrader

Technische Hochschule Wildau

Telefon: 033 75508293
E-Mail: sigurd.schrader@th-wildau.de

3.2 Berlin City

Campus Charlottenburg

Mitten in der City West ist der Campus Charlottenburg ein urbanes Areal, wo Wissenschaft, Wirtschaft und Wohnen aufeinandertreffen. Hier befinden sich zwei international renommierte Universitäten, eine Hochschule, vier Institute der Fraunhofer-Gesellschaft und weitere außeruniversitäre Einrichtungen. Dazu kommen viele kleine und mittelständische Firmen sowie einige große international agierende Unternehmen. In enger Nachbarschaft haben mehrere Verbände und Interessenvertretungen ihren Sitz.

Der Campus Charlottenburg (CITY WEST) gehört zu den Zukunftsorten in Berlin
© Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH

Universitäre Forschung

Mehr als 8.000 Menschen arbeiten, lehren und forschen an der **Technischen Universität Berlin**. Rund 33.000 Studierende können aus ungefähr 100 Studienangeboten wählen. Damit ist sie eine der größten technischen Universitäten Deutschlands. Aufgrund ihres zukunftsweisenden Fächerprofils – von Ingenieur- und Naturwissenschaften bis hin zu Planungs-, Sozial-, Wirtschafts- und Geisteswissenschaften – bildet sie den dringend benötigten Nachwuchs aus. Die TU Berlin ist hochgradig vernetzt, international sichtbar, realisiert rund 20 Ausgründungen pro Jahr und verfügt neben 321 Millionen aus staatlichen Zuschüssen auch über fast 200 Millionen Euro an Drittmitteln. Sie ist eine der ältesten Technischen Hochschulen in Deutschland und gehört zum Verband TU9 der führenden deutschen Technischen Hochschulen.

Im **Institut für Optik und Atomare Physik (IOAP)** an der TU Berlin werden leistungsfähige physikalische Messmethoden und deren Anwendungen unter einem Dach erforscht. Das ermöglicht vorwiegend methodenorientiertes Arbeiten in (nichtlinearer) Lichtoptik, Laserphysik, Spektroskopie, optischen Technologien, Elektronenmikroskopie und -holographie, sowie Röntgenspektroskopie, Röntgenanalyse und Röntgenoptik. Gerade im Bereich der Röntgenanalytik wurde mit der Einrichtung einer Stiftungsprofessur ein besonderer Schwerpunkt gesetzt.

Im Institut für Optik und Atomare Physik sind neun verschiedene Arbeitsgruppen organisiert. Mit verschiedenen Berliner Forschungseinrichtungen bestehen gemeinsame Professuren und Dozenturen, darunter mit dem MBI, der PTB, dem FHI, dem HHI und dem FBH sowie mit dem HZB.

Gemeinsam mit dem Max-Born-Institut für Nichtlineare Optik und Kurzzeitspektroskopie betreibt die TU Berlin das **„Berlin Laboratory for innovative X-Ray Technologies“ (BLiX)**. Zur Ausrüstung gehört das BLiX Röntgenmikroskop mit einer hochbrillanten Laserplasmaquelle. Angesiedelt ist das BLiX am Stiftungslehrstuhl für „Analytische Röntgenphysik“ von Professorin Birgit Kanngießer. Die TU Berlin will mit solchen „Innovative Labs“ Institutionen schaffen, in denen universitäre und außeruniversitäre Forschungsinstitute zusammen mit Unternehmen an innovativen Produkten arbeiten. Durch die Kooperation mit dem Max-Born-Institut für Nichtlineare Optik und Kurzzeitspektroskopie (MBI), einem Mitglied der Leibnitz-Gemeinschaft, fungiert das BLiX auch als Leibniz-Applikationslabor.

Außeruniversitäre Forschung

In einem Gebäude mit dem Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb IWF der TU Berlin im Produktionstechnischen Zentrum (PTZ) am Charlottenburger Spreebogen befindet sich das **Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK**. Das Fraunhofer IPK betreibt angewandte Forschung und Entwicklung für die gesamte Prozesskette produzierender Unternehmen – von der Produktentwicklung über den Produktionsprozess, die Instandhaltung von Investitionsgütern und die Wiederverwertung von Produkten bis hin zur Gestaltung und dem Management von Fabrikbetrieben. Im Bereich

Automatisierungstechnik hat sich das Institut auf automatische optische Mess- und Prüftechnik spezialisiert, womit es unter anderem möglich wurde, zerrissene Akten automatisch zu rekonstruieren.

Das Fraunhofer IPK arbeitet eng mit der BAM und der Charité zusammen. Gemeinsam mit letzterer betreibt das Fraunhofer IPK das **„Berliner Zentrum für Mechatronische Medizintechnik“ (BZMM)**.

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt noch zwei weitere große Institute auf dem Campus Charlottenburg: Das Fraunhofer-Institut FOKUS und das Fraunhofer HHI. Das **Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme FOKUS** betreibt Forschung und Entwicklung im Bereich Informations- und Kommunikationstechnologie. Als eines der größten Fraunhofer-Institute hat es das Ziel, interoperable Lösungen für Smart Cities bereitzustellen. Sie helfen unter anderem dabei, Ressourcen wie Energie und Wasser sinnvoll zu nutzen, den Verkehr intelligent zu steuern und Katastrophen effizient zu bewältigen. Sie sorgen dafür, dass kritische Infrastrukturen, wie Verkehr, Energieversorgung und medizinische Hilfe, rund um die Uhr zuverlässig funktionieren. Über gemeinsame Berufungen ist das Fraunhofer FOKUS mit der FU Berlin und der TU Berlin vernetzt.

Im **Leistungszentrum „Digitale Vernetzung“** bündeln die vier Fraunhofer-Institute Fraunhofer FOKUS, Fraunhofer HHI, Fraunhofer IPK und Fraunhofer IZM ihre Kompetenzen in den Bereichen Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT), Datenverarbeitung, Produktion und Mikroelektronik. Es forscht an Basis- und Querschnittstechnologien für die Anwendungsbereiche Vernetzte Industrie & Produktion, Vernetzte Mobilität & Zukunftsstadt, Vernetzte Gesundheit & Medizin und Vernetzte kritische Infrastrukturen & Energie. Für Industriepartner und Öffentliche Einrichtungen besteht die Möglichkeit, im Rahmen von Forschungsprojekten mit den beteiligten Fraunhofer-Instituten zu kooperieren.

Das **Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut, HHI** wurde 1927 als Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung gegründet. Im Jahr 2003 ging das Institut in die Fraunhofer-Gesellschaft über und erhielt den heutigen Namen.

Das Fraunhofer HHI ist weltweit führend in der Erforschung von mobilen und optischen Kommunikationsnetzen und -systemen sowie der Codierung von Videosignalen und Datenverarbeitung. Gemeinsam mit internationalen Partnern aus Forschung und Industrie arbeitet das Fraunhofer HHI im gesamten Spektrum der digitalen Infrastruktur – von der grundlegenden Forschung bis hin zur Entwicklung von Prototypen und Lösungen. Das Institut trägt signifikant zu den Standards für Informations- und Kommunikationstechnologien bei und schafft neue Anwendungen als Partner der Industrie.

Das Fraunhofer HHI leistet einen wichtigen Beitrag für die Forschung in den Bereichen effizienter Video- und Audiokompressionsmethoden, autostereoskopischer 3D-Displays sowie für die Integration von realen und virtuellen Welten für immersive Multimedia-Anwendungen.

Das Gebäude des Fraunhofer HHI mit seiner Radarkuppel sticht aus dem Stadtbild von Charlottenburg heraus
© Johannes Stoll

Angewandte Mathematik spielt heute in vielen Bereichen von Industrie und Forschung eine bedeutende Rolle. Am **MATHEON – dem Zentrum für angewandte Mathematik** arbeiten über 200 Wissenschaftler mit den Methoden der mathematischen Modellierung, Simulation und Optimierung an Lösungen für künftige und aktuelle Themen wie Umwelt, Energie, Ressourcenknappheit, Transport, Kommunikation, Produktion, neue Materialien und Gesundheit. Matheon wurde 2002 von Mathematikern der Berliner FU, HU und TU sowie dem Weierstraß-Institut (WIAS) und Konrad-Zuse-Zentrum (ZIB) als DFG-Forschungszentren gegründet. Seit Juni 2014 wird es von der Einstein-Stiftung Berlin als Einstein-Zentrum für Mathematik Berlin (ECMath) gefördert.

Auf Initiative von Werner von Siemens und Hermann von Helmholtz wurde 1887 die Physikalisch-Technische Reichsanstalt in Berlin-Charlottenburg gegründet. Heute ist sie als **Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)** das nationale Metrologie-Institut der Bundesrepublik Deutschland mit Standorten in Braunschweig, Berlin-Charlottenburg und Berlin-Adlershof. Die PTB besteht aus neun technisch-wissenschaftlichen Abteilungen (davon zwei in Berlin), untergliedert in rund 60 Fachbereiche mit über 200 Arbeitsgruppen.

Die zwei Fachabteilungen am Standort Charlottenburg befassen sich mit Thermometrie, Radiometrie, Medizinphysik, Mathematik und Informationstechnik für die Metrologie. In Adlershof betreibt die PTB den MLS-Elektronenspeicherring (Metrology Light Source) für Kalibrierungen vom Infraroten (THz) bis ins extreme Ultraviolett (EUV) und nutzt ebenfalls den Elektronenspeicherring BESSY II.

Als Bindeglied zwischen Industrie und Forschung fungiert das **Telekom Innovation Laboratory (T-Lab)**. Es gehört zum zentralen Forschungs- und Innovationsbereich (F&I) der Deutschen Telekom. Die T-Labs haben den Auftrag, zusammen mit den operativen Einheiten der Telekom Impulse und Unterstützung bei der Entwicklung und Umsetzung innovativer Produkte, Dienste und Infrastrukturen für die Wachstumsfelder der Telekom zu liefern. In Kooperationen mit der TU Berlin und der Universität der Künste Berlin hat die Telekom fünf Stiftungsprofessuren eingerichtet:

- Quality and Usability Lab
- Security in Telecommunications
- Service-centric Networking
- Designforschung
- Assessment of IP-based Applications

Neben drei Berliner Standorten unterhalten die T-Labs Niederlassungen in Darmstadt, Israel und im Silicon Valley.

(Aus-)Gründen in Charlottenburg

Der Campus Charlottenburg bietet eine vielfältige Infrastruktur für Firmengründer. Für Ausgründungen hat die TU Berlin das **Center for Entrepreneurship** aufgebaut. Dort ist neben dem Gründerservice auch der Lehrstuhl für Entrepreneurship & Innovationsmanagement angebunden. Allein beim Gründerservice stehen zwei Dutzend Ansprechpartner für die Beratung bei allen Fragen von Antragstellung bis Mentorship bereit.

Observatorium der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Charlottenburg
© PTB

Auch jenseits der Universität gibt es für Gründer in der City West vielfältige Angebote. Das **Charlottenburger Innovations-Centrum (CHIC)** liegt in unmittelbarer Nachbarschaft zu der TU Berlin und der Universität der Künste Berlin. Im nahe gelegenen Wedding wurde 1983 das **Berliner Innovations- und Gründerzentrum (BIG)** als erstes deutsches Zentrum dieser Art eröffnet und 1985 um den **Technologie- und Innovationspark Berlin (TIB)** als ersten deutschen Technologiepark erweitert. In den sanierten Gebäuden der AEG Maschinenfabrik (erbaut 1887–1905) arbeiten über 90 Unternehmen in unmittelbarer Nähe zu den 14 Forschungsinstituten der TU Berlin und der Fraunhofer-Gesellschaft. Die Humboldt-Universität zu Berlin und die Charité sind fußläufig zu erreichen.

Organisiert werden diese Gründerzentren von der **Innovations-Zentrum Berlin Management GmbH (IZBM)**, einem Tochterunternehmen der landeseigenen WISTA-MANAGEMENT GMBH.

Technologiepark Humboldthain

Anfang des 20. Jahrhunderts war Berlin mit Unternehmen wie Siemens oder AEG ein Hochtechnologiestandort mit Weltgeltung. Am Humboldthain, zwischen Brunnenstraße, Gustav-Meyer-Allee, Voltastraße und Hussitenstraße beeindrucken noch heute die Bauten der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft (AEG).

Auch wenn nur noch Teile des ehemaligen Industriekomplexes erhalten sind und die AEG längst Geschichte ist, kann man seine einstige Bedeutung nachempfinden. In der denkmalgeschützten Gesamtanlage haben sich inzwischen Institute und kleine Firmen angesiedelt, die hier am historischen Ort wieder Hochtechnologie auf Weltniveau entwickeln.

Der 25 ha große Standort am Humboldthain mit einer gewerblichen Nutzfläche von ca. 320.000 m² dient rund 150 Unternehmen mit zum Teil hochqualifizierten Produkten und Dienstleistungen und über 20 Forschungsinstituten (Fraunhofer-Gesellschaft und TU Berlin) als Basis für ihren wirtschaftlichen Erfolg.

In den denkmalgeschützten Gebäuden des alten AEG-Geländes wird heute an der Technik für das Internet von morgen gearbeitet
© Janine Wald/dmp-agentur

In den 1980er-Jahren wurde auf dem Gelände das erste deutsche Gründerzentrum (BIG) eingerichtet und gemeinsam mit der Technischen Universität Berlin der erste Technologie- und Innovationspark Deutschlands (TIB) aufgebaut. Viele der Start-ups von damals sind inzwischen etablierte Firmen, einige haben sogar eigene Flächen am Humboldthain erworben. Der Hauptteil der Immobilien auf dem AEG-Gelände wird von der GSG Berlin vermietet. Sie vermarktet das Gebiet mit 136.000 m² Nutzfläche unter dem Namen **Amperium am Humboldthain** und fördert auch neue Start-ups. Der neue Name löst damit den Technologie- und Innovationspark Berlin ab, der auf dem Gelände aber noch durch einen eigenen Verein vertreten ist.

www.tph-berlin.net

Nach vier Jahrzehnten der Technologieansiedlung sind heute vor allem fünf verschiedene Branchen am Humboldthain vertreten:

- Automotive
- Werkzeug- und Sondermaschinenbau, Automatisierungstechnik
- Biotechnologie und Analytik
- Bauphysik und -forschung, Umwelttechnologien
- Optische Technologien und Mikrosystemtechnik

Im Bereich der Automobiltechnik sind neben einigen kleineren Firmen auch Niederlassungen von verschiedenen Großfirmen auf dem Gelände vertreten. Dazu gehören die Pierburg GmbH (Rheinmetall Automotive AG) und das Forschungs- und Entwicklungszentrum der japanischen Takata AG.

Mit mehr als 377 Mitarbeitern (2016) fokussiert sich das **Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM** auf die Gebiete Aufbau- und Verbindungstechnik sowie Systemintegration multifunktionaler Elektronik. Die Geschäftsfelder reichen von Semiconductors & Sensors (3D-Integration für komplexe, heterogene System-in-Package(SiP)-Lösungen) über Energie und Photonik bis hin zu Anwendungen in Medizin- und Automobiltechnik sowie in der Industrieelektronik.

Die Kompetenzen dafür werden in vier Abteilungen entwickelt:

- Wafer Level System Integration
- System Integration & Interconnection Technologies
- Environmental & Reliability Engineering
- RF & Smart Sensor Systems

Das Fraunhofer IZM ist auch an einer Reihe von institutsübergreifenden Initiativen beteiligt, wie zum Beispiel PhoxLab oder der „Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland“. Bei letzterer Initiative fließen vom Bundesministerium für Bildung und Forschung allein 117 Millionen Euro an je

In seinen Reinsträumen verfügt das Fraunhofer IZM über eine umfangreiche Infrastruktur zur Untersuchung und Bearbeitung elektronischer und photonischer integrierter Schaltungen
© Fraunhofer IZM

zwei Fraunhofer- und zwei Leibniz-Institute in Berlin und Brandenburg. Das für die Forschungsfabrik von Fraunhofer und Leibniz gemeinsam entwickelte Konzept sieht vor, die technologischen Fähigkeiten in einem gemeinsamen Technologiepool zusammenzuführen, Ausstattungslücken abgestimmt zu schließen und die wichtigen Laborlinien für Mikroelektroniktechnologien an die technische Entwicklung anzupassen.

www.forschungsfabrik-mikroelektronik.de

3.3 West

Rathenow: Die Stadt der Optik

Wenige Städte sind so namhaft mit der Optik und Feinmechanik verbunden wie das 80 Kilometer westlich von Berlin gelegene Rathenow. Vor über 200 Jahren erfand Johann Heinrich August Duncker hier die später patentierte Vielschleifmaschine. Mit dieser Maschine ließen sich erstmals größere Stückzahlen von Linsen herstellen, was für die optische Industrie nicht weniger als eine Revolution bedeutete. Damit wurde Duncker zu einem der Gründer der modernen optischen Industrie in Deutschland – eine Tradition, die sich in Rathenow bis heute erhalten hat.

Denkmal für Johann Heinrich August Duncker, den Begründer der optischen Industrie in Rathenow
© Mazbln

Weder gesellschaftliche Umbrüche noch Kriege konnten dieser Tradition etwas anhaben. Aus Dunckers „Königlich privilegierter optischer Industrie-Anstalt“ gingen später die „Rathenower Optischen Werke“ (ROW) hervor, die ins Kombinat VEB Carl Zeiss Jena eingegliedert waren. Nach der Deutschen Einheit wurden die ROW privatisiert und in kleinere Unternehmen aufgeteilt. Auch heute sind zahlreiche Unternehmen vor Ort aktiv. Sie führen diese Tradition fort und machen Rathenows Bezeichnung als „Stadt der Optik“ weiterhin alle Ehre. In Kürze wird auch ein Buch erscheinen, das die 800-jährige Stadtgeschichte und 200-jährige optische Tradition von Rathenow in all ihren Facetten darstellen soll.

Heute ist Rathenow wieder eines der führenden augenoptischen Zentren in Deutschland. An diesem Standort arbeiten Unternehmer und Bildungseinrichtungen gemeinsam mit einer Vielzahl von regionalen Fachunternehmen und Forschungseinrichtungen zusammen. Dafür betreiben sie mit anderen Akteuren aus der Region das Netzwerk OABB optic alliance brandenburg berlin e. V. In diesem Verbund haben sich Firmen und Forschungseinrichtungen zusammengeschlossen, um augenoptischen und optische Kompetenzen zu bündeln. Zu den Kernkompetenzen zählen nicht nur die Fertigung von Brillengläsern und -fassungen, Sonderlinsen, augenoptische Implantaten und Sehhilfen, sondern auch augenoptischer Produktionsgerätebau und Werkstatttechnik. Vor Ort werden Mikroskope und Laborinstrumente entwickelt, die in Forschung und Industrie Einsatz finden. Darüber hinaus gibt es am Standort auch viele Dienstleistungen für den Optiker oder die Optikerin, von der Verkaufsraumgestaltung über qualifizierende Ausbildungs- und Weiterbildungsangebote bis hin zum Meisterbrief.

Die Ausbildung geschieht zum Teil in enger Zusammenarbeit mit der TH Brandenburg, die unter anderem den dualen Studiengang „Augenoptik/Optische Gerätetechnik“ anbietet. Der Studiengang wurde in Kooperation der TH Brandenburg mit der Augenoptiker- und Optometristen-Innung des Landes Brandenburg entwickelt. Die Ausbildung wird sowohl in Brandenburg an der Havel als auch in Rathenow durchgeführt. Die Augenoptiker- und Optometristen-Innung des Landes Brandenburg in Rathenow bietet auch den Abschluss als „Augenoptikermeister/-in“ an.

https://technik.th-brandenburg.de/studium/bachelorstudiengaenge/augenoptik-optische-geraetetechnik

Gegründet im Jahr 1999, ist OABB eines der ältesten derartigen Netzwerke. Zwar ist die zweite Förderphase für dieses Branchennetzwerk 2015 ausgelaufen, doch wird es von den Unternehmen vor Ort weitergeführt. Der Grund dafür liegt in der Bedeutung dieses Netzwerks für alle Beteiligten. Die Verzahnung von Wissenschaft und Wirtschaft liefert beiden Seiten wichtige Impulse und Innovationen. Regionale Stärken lassen sich so effektiv identifizieren und weiterentwickeln. Dabei fließen die Erfahrungen von Unternehmen und Forschungseinrichtungen auch in die Ausbildung der vielen hochqualifizierten Fachkräfte ein. Zu den wichtigen Aufgaben von OABB gehört nicht zuletzt die Vermarktung des Standorts auf den großen Messen, etwa auf der „opti“ in München, auf der jedes Jahr im Januar die Experten und Kreativen der Optikbranche ihre neuesten Produkte präsentieren. Im Jahr 2017 stellten acht Rathenower Unternehmen dort ihre Entwicklungen vor, sämtlich aus

dem Bereich der Augenoptik. Dabei finden Rathenower Unternehmen ihre Kunden nicht nur in Deutschland, sondern zunehmend auch im europäischen Ausland. Rathenower Firmen decken eine große Bandbreite an optischen und feinmechanischen Produkten ab. Das größte Unternehmen vor Ort ist die Fielmann AG mit rund 1.400 Beschäftigten. Die Fielmann AG stellt dort unter einem Dach Mineral- und Kunststoffgläser her und fügt sie in der Randschleiferei mit der Fassung zur Brille zusammen. Die Firma arbeitet im Zweischichtbetrieb, liefert pro Tag mehr als 19.000 Gläser und wickelt über 56.000 Aufträge ab.

https://corporate.fielmann.com/de/investor-relations/unternehmen/produktion-in-rathenow

Stand der Rathenower Optikfirmen auf der Fachmesse opti in München
© R. Götze, OABB optic alliance brandenburg berlin e. V.

Darüber hinaus sind zahlreiche kleine und mittelständische Unternehmen in Rathenow ansässig. Dank einer hervorragenden Infrastruktur und zahlreichen gut erschlossenen Industrie- und Gewerbeflächen zählt der Traditionsstandort mit seinen Produktionsanlagen zu den modernsten Europas. Dabei besitzt Rathenow eine hohe Wertschöpfungstiefe auf den Gebieten der Augenoptik-Optik-Feinmechanik, die in dieser Form anderswo nicht erreicht wird. Verschiedene Kooperationsprojekte zwischen den Unternehmen der Region und wissenschaftlichen Institutionen wie den Hochschulen in Brandenburg, Potsdam und Jena oder dem Fraunhofer IAP in Potsdam-Golm geben hiervon Zeugnis.
Die besondere Bedeutung der Optik und Augenoptik – nicht nur für die Rathenower, sondern für die deutsche Industriegeschichte, lässt sich auch im „Optik Industrie Museum Rathenow“ erfahren. Hier kann der Interessierte alle möglichen Gegenstände aus über 200 Jahren Optik-Geschichte bestaunen, von alten Schleifmaschinen über Gläser, alte Brillen, Mikroskope, Ferngläser, Theatergläser und Kameras bis hin zu Film-Projektoren. Der „Optikpark Rathenow“ stellt ebenfalls historische Instrumente aus und bietet Fotografie-Enthusiasten zahlreiche Motive.

www.oimr.de
www.optikpark-rathenow.de

Ansprechpartner: Randolph Götze

OABB optic alliance brandenburg berlin e. V.

Telefon: 033 85572350
E-Mail: info@oabb.de

Potsdam-Golm: Wissenschaftspark und Wirtschaftsstandort

Der Potsdamer Stadtteil Golm hat in den letzten zwei Jahrzehnten eine beeindruckende Karriere als Wissenschafts- und Technologiestandort hingelegt. Lange Zeit durch Landwirtschaft geprägt, hat sich Potsdam-Golm seit Mitte der 1990er-Jahre zum führenden Wissenschaftsstandort in Brandenburg entwickelt. Zu verdanken hat dies der Ort im Westen Potsdams der Ansiedlung renommierter Forschungsinstitute der Max-Planck- und der Fraunhofer-Gesellschaft sowie der Universität Potsdam. Sie hat auf dem Campus einen großen Teil ihrer naturwissenschaftlichen Institute angesiedelt. Die gute Mischung aus Grundlagen- und angewandter Forschung befördert hier ein zukunftsorientiertes, innovationsfreudiges Klima, wie es sich auch an den steigenden Studentenzahlen und den Firmenansiedlungen ablesen lässt.

Inzwischen sind im **Wissenschaftspark Potsdam-Golm** auf einer Fläche von rund 50 Hektar über 3.500 Menschen beschäftigt. Hinzu kommen 9.000 Studierende. Die schöne Lage am Rande eines Ladschutzgebietes und die Nähe zur kulturellen Metropole Berlin sorgen für ein angenehmes Arbeitsumfeld und eine große Familienfreundlichkeit. Eine besondere Eigenschaft des Wissenschaftsparks Golm – sowie von Potsdam insgesamt – sind die kurzen Wege. Innerhalb weniger Minuten lässt sich alles zu Fuß erreichen. Dies erleichtert den Austauschen zwischen den Akteuren vor Ort ungemein und ist eines der Geheimrezepte für die innovativen, interdisziplinären

Projekte. Neben den Instituten und der Universität hat es besonders das **Gründerzentrum GO:IN** geschafft, den Standort für junge Unternehmen und Gründer attraktiv zu machen. Das 2008 gegründete GO:IN stellt jungen Firmen voll ausgestattete Büro- und Laborräume zur Verfügung. Das exzellente wissenschaftliche Umfeld bietet hervorragende Netzwerkmöglichkeiten.

Darüber hinaus plant die **Standortmanagement Golm GmbH** weiteres Wachstum für den Wissenschaftspark. Mithilfe des Landes wollen die Landeshauptstadt Potsdam und die Universität Potsdam den Wirtschafts- und Wissenschaftsstandort Golm in den nächsten zehn Jahren um rund 10 Hektar erweitern. Die Standortmanagement Golm GmbH, deren Eigentümer Stadt und Universität sind, erhält dafür bis 2022 jährlich 750.000 Euro Förderung. Schwerpunkt des Standortmanagements ist dabei die Ansiedlung neuer Firmen sowie die internationale Vermarktung des Wissenschaftsparks. Zu den weiteren Angeboten des Standortmanagements gehört ein Welcome Service mit einer Sprachschule, der aus dem Ausland kommende Gastwissenschaftler bei der Neuansiedlung in Deutschland unterstützt. Außerdem ist ein weiteres Gründerzentrum geplant, das GO:IN 2, mit dessen Fertigstellung 2020 zu rechnen ist. Hinzu kommen weitere Gewerbe- und Laborflächen. Gleichzeitig entstehen bereits jetzt mehrere neue Studentenwohnheime sowie private Eigenheime. Neben den Wohnheimen des Studentenwerkes gibt es zusätzlich einen privaten Anbieter, der nicht nur an Studierende, sondern auch an Gastwissenschaftler komfortable Miniapartments vermietet. Zudem gibt es eine bilinguale Kindertagesstätte.

In der Mitte des Parks in unmittelbarer Bahnhofsnähe ist ein lebenswertes Zentrum mit Begegnungsräumen, Lokalen und Geschäften angedacht. Hier soll ein lebendiger Treffpunkt für Golmer Anwohner und Mitarbeiter der im Wissenschaftspark angesiedelten Institutionen und Unternehmen entstehen. Die engen Kontakte zwischen den Standortentwicklern und den ansässigen Institutionen und Unternehmen ermöglichen einen bedarfsgerechten Ausbau der Infrastruktur, etwa in Form von weiteren Kindertagesstätten, mehreren Studentenunterkünften, Erweiterungen von Instituten oder auch von Einkaufsmöglichkeiten. Neue Unternehmen, die sich hier ansiedeln möchten, sowie junge Existenzgründer können auf bestehende Netzwerke zurückgreifen und erfahren Unterstützung durch namhafte Institute und Persönlichkeiten. Die im Jahr 1991 gegründete **Universität Potsdam** gehört zu den jüngsten Universitäten Deutschlands. Sie wurde im Sommer 2017 für ihre Stärken im Bereich Wissens- und Technologietransfer als „Innovative Hochschule“ ausgezeichnet. Mit der Auszeichnung erhält sie über fünf Jahre insgesamt 6,8 Millionen Euro, um ihr Konzept der „Unternehmerischen Universität“ umzusetzen.

Im Wissenschaftspark Potsdam-Golm befinden sich wichtige Institute der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät, insbesondere die Institute für Physik und Astronomie, Chemie, Biochemie und Biologie, Geographie, Geoökologie sowie Geowissenschaften. Hinzu kommt die Humanwissenschaftliche Fakultät mit den Instituten für Linguistik, Psychologie, Sport- und Gesundheitswissenschaften sowie Pädagogik. Über gemeinsam berufene Professuren sowie über zahlreiche Forschungsprojekte bestehen enge Verbindungen zwischen den universitären und außeruniversitären Einrichtungen.

Lageplan des Wissenschaftsparks Golm
© pigurdesign 2017

Institut für Erd- und Umweltwissenschaften der Uni Potsdam
© Harald Hirsch

In Golm findet an den verschiedenen Instituten sowohl Grundlagen- als auch angewandte Forschung auf höchstem Niveau statt – etwa modernste Quantenoptik sowie die Entwicklung neuer faseroptischer Instrumente und Sensoren. Eine wichtige Rolle am Standort spielen die Lebenswissenschaften, die zunehmend auch optische Methoden und Nanotechnologie einsetzen. Hier macht sich die interdisziplinäre Tradition am Standort Golm besonders bezahlt, denn von der Forschung mit optischen und photosensitiven Polymeren bis hin zur Biosensorik, der optischen Manipulation von Nanostrukturen und Laserspektroskopie sind viele relevante Technologiefelder vor Ort vertreten.

Die Max-Planck-Gesellschaft betreibt gleich drei Institute in Potsdam-Golm und gehört mit der Universität Potsdam zu den Gründungsmitgliedern der Wissenschaftsparks. Das **Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik – Albert-Einstein-Institut (AEI)** ist ein international führendes Institut für Gravitationsphysik, dessen Spektrum von den mathematischen Grundlagen neuartiger Theorien zur Quantengravitation bis hin zur Entwicklung von ultrapräzisen, interferometrischen Laseroptiken für den Nachweis von Gravitationswellen reicht. Neben dem Institut in Potsdam-Golm gehört zum AEI auch eine Zweigstelle in Hannover.

Die Verleihung des Physik-Nobelpreises 2017 für den Nachweis von Gravitationswellen war auch für das AEI ein großer Erfolg. Das AEI hat nicht nur mit dem Institut für Gravitationsphysik der Leibniz Universität Hannover an der Entwicklung der Lasertechnik für die Gravitationswellendetektoren zusammengearbeitet. Es ist auch federführend in der Vorbereitung der Satellitenmissionen LISA Pathfinder und LISA, die eine völlig neue Dimension in der Gravitationswellenforschung versprechen.

Luftaufnahme des Wissenschaftsparks Golm
© www.airvideo-service.de

Außerdem befinden sich in Golm das **Max-Planck-Institut für Molekulare Pflanzenphysiologie** und das **Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung (MPIKG)**, zu dessen Forschungsgebieten belebte und unbelebte Strukturen auf der Mikro- und Nanoskala gehören. Insbesondere das MPIKG steht für interdisziplinäres Arbeiten an der Schnittstelle der drei traditionellen Naturwissenschaften Physik, Chemie und Biologie.

www.mpimp-golm.mpg.de

Auch die Fraunhofer-Gesellschaft ist im Wissenschaftspark vertreten: **Das Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP** forscht zu umweltschonenden und wirtschaftlichen Polymeranwendungen und deckt dabei ein großes Spektrum ab: von Biotechnologie über Medizin, Pharmazie und Kosmetik, Elektronik und Optik bis hin zu Anwendungen in der Verpackungs-, Umwelt- und Abwassertechnik sowie der Automobil-, Papier-, Bau- und Lackindustrie. Am IAP sind rund 200 Mitarbeiter beschäftigt, darunter 80 Wissenschaftler.

Zunehmend von Bedeutung für die Arbeit des IAP sind Dünnschichttechnologien für organische Leuchtdioden sowie der Einsatz von Quantenpunkten in neuartigen, hocheffizienten Leuchtdioden. Die Wissenschaftler am IAP arbeiten auch an neuen Werkstoffen, um etwa Cadmium durch umweltfreundliche Substanzen zu ersetzen oder Solarmodule im Rollendruckverfahren zu produzieren. Dies könnte die Produktion künftiger Solarmodule einfacher und kostengünstiger machen.

In der German OLED Technology Alliance (GOTA) hat sich das IAP mit drei anderen wichtigen deutschen Akteuren zusammengetan, um ihre Kompetenzen in den aufeinander aufbauenden Wertschöpfungsketten zu bündeln. Angesichts der globalen Herausforderungen und der wichtigen Absatzmärkte in Asien dient GOTA auch dem Ziel, gemeinsam als Anbieter von Komplettlösungen aufzutreten und dadurch Synergieeffekte zu generieren.

Das zweite Fraunhofer-Institut vor Ort ist der Institutsteil Bioanalytik und Bioprozesse des **Fraunhofer-Instituts für Zelltherapie und Immunologie (Fraunhofer IZI-BB)**. Es ist auf Bioanalytik und molekulare Diagnostik spezialisiert. Hierzu gehören auch die Entwicklung von Lab-on-Chip-Technologien sowie zelluläre und zellfreie Biotechnologie.

Panorama des Leibniz-Instituts für Astrophysik (AIP Potsdam)
© Wirtschaftsförderung Land Brandenburg GmbH, Fotograf: Till Budde

Fraunhofer IZI und IAP koordinieren gemeinsam das **Leistungszentrum „Integration biologischer und physikalisch-chemischer Materialfunktionen“**. Im Leistungszentrum sollen Strukturmaterialien, die einem Produkt Form und Stabilität verleihen, mit Funktionsmaterialien kombiniert werden. Zusammenarbeit wird dabei großgeschrieben, so wurde schon eine Kooperation mit der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg vereinbart.

www.iap.fraunhofer.de/de/Forschungsbereiche/leistungszentrum-funktionsintegration.html

Ein Joint Venture aus dem **Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam (AIP)** und der Arbeitsgruppe Physikalische Chemie der Universität Potsdam ist die **innoFSPEC Potsdam**. Über 30 Wissenschaftler arbeiten an den beiden Zweigstellen in Babelsberg und Golm an neuen faseroptischen, spektroskopischen Systemen und Sensoren. Das Anwendungsgebiet reicht von der Analytik über Multi-Channel-Spektroskopie bis hin zu astrophysikalischer Photonik.

Ansprechpartnerin: Agnes von Matuschka

Standortmanagement Golm GmbH

Telefon: 0331 237351135
E-Mail: matuschka@wisspark.de

Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung
© Wirtschaftsförderung Land Brandenburg GmbH, Fotograf: Till Budde

3.4 Süd-West

„Rost- und Silberlaube“: der zentrale Komplex der FU Berlin
© Torinberl

Exzellente Forschung in Berlin-Dahlem

Nach der Teilung Berlins und der Stadt verblieb Westberlin zunächst nur noch die Technische Universität in Charlottenburg. Mit der Gründung der **Freien Universität Berlin** Ende 1948 besaß nun auch der Westen wieder eine Volluniversität, die das gesamte akademische Spektrum abdeckte. Mit über 36.000 Studenten und rund 4.200 Mitarbeitern gehört sie zu den 20 größten Universitäten Deutschlands.

An ihrem Standort im Berliner Südwesten konnte die Freie Universität Berlin von Beginn an auf eine große Tradition in Forschung und Bildung zurückgreifen. Hier begann die Geschichte der „Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften“, die 1948 als Max-Planck-Gesellschaft neu gegründet wurde. In ihrem Chemischen Institut in Dahlem gelang Otto Hahn und Fritz Strassmann im Jahr 1938 die erste Kernspaltung.

Daneben stehen in Dahlem historische sowie zeitgenössische Architektur, ergänzt durch die Berlin-Potsdamer Kulturlandschaft (eingetragen als UNESCO-Weltkulturerbe), für ein reiches kulturelles Leben.

Nach den schwierigen Aufbaujahren in der Nachkriegszeit und der turbulenten Zeit der Studentenbewegung, hat sich die FU Berlin in der Forschung einen Namen gemacht. Vor allem nach der deutschen Vereinigung wuchs die Universität schnell. Nicht nur die Anzahl der Absolventen stieg rasant, sondern auch die Zahl der Promotionen und wissenschaftlichen Publikationen.

Die Anstrengungen haben sich bezahlt gemacht: 2007 wurde die FU Berlin im Rahmen der Exzellenzinitiative des Bundes und der Länder ausgezeichnet. Als eine von bundesweit neun Universitäten wurde sie in allen drei Förderlinien ausgezeichnet. 2012 war sie erneut in der Exzellenzinitiative erfolgreich und ist nun eine von elf Exzellenzuniversitäten bundesweit.

Die FU Berlin bietet an zwölf Fachbereichen und drei Zentralinstituten mehr als 150 Studiengänge in einem breiten Fächerspektrum an.

Der **Fachbereich Physik der FU Berlin** ist traditionell stark in der Grundlagenforschung. Seine derzeitigen Schwerpunkte liegen auf Themen der Festkörper-, Cluster- und Biophysik sowie der theoretischen Physik. Dazu gehören Oberflächen und ihre Strukturen, die Untersuchung biologisch wichtiger Moleküle bis hin zu künstlicher Photosynthese, die Erforschung chemischer Reaktionen mit schnellen Laserpulsen sowie die Entwicklung von Methoden für die Vielteilchenphysik. Schon seit Langem gibt es hier einen Schwerpunkt zu LIDAR, der Lichtdetektion und Entfernungsmessung von Aerosolen, Ozon und Sommersmog.

Die Forschung wird von den Arbeitsgruppen der 17 Professoren in Experimentalphysik (11), theoretischer Physik (5) und Fachdidaktik (1) getragen.

Vier Sonderprofessuren, zusammen mit dem HZB (vormals HMI) bzw. dem Max-Born-Institut erweitern das Themenspektrum noch um Kernphysik, Solarenergie sowie schnelle nichtlineare Prozesse an Oberflächen und Festkörpern. Der Fachbereich ist außerdem Sitz der folgenden Sonderforschungsbereiche für „Elementarprozesse in molekularen Schaltern an Oberflächen“ (SFB 658) und „Proteinfunktion durch Protonierungsdynamik“ (SFB 1078).

Auch in der Medizin besitzt die FU Berlin einen guten Namen. Gemeinsam mit der Humboldt-Universität betreibt sie die **Charité Universitätsmedizin Berlin**, eine der größten medizinischen Fakultäten und Universitätskliniken Europas. Mit zahlreichen Exzellenzprojekten und Sonderforschungsbereichen der Deutschen Forschungsgemeinschaft zählt die Charité zu den forschungsintensivsten medizinischen Einrichtungen in Deutschland. Über die Hälfte der deutschen Nobelpreisträger in Medizin und Physiologie entstammen der Charité. Die Universitätsklinik verteilt sich über vier Campus. Neben dem Campus Charité Mitte gehören hierzu auch der Campus Benjamin Franklin in Lichterfelde, das Virchow-Klinikum in Wedding und der Campus Berlin-Buch.

Zu den speziellen Einrichtungen des Campus Benjamin Franklin gehört **BerlinProtonen**, das Zentrum für die Protonentherapie von Augentumoren an der Charité. Die Protonenbestrahlungen werden in Kooperation mit dem Helmholtz-Zentrum Berlin am dortigen Protonenbeschleuniger in Berlin-Wannsee durchgeführt. BerlinProtonen ist dem **Charité Comprehensive Cancer Center (CCCC)** angegliedert.

Institut für Pflanzenphysiologie und Mikrobiologie
der Freien Universität Berlin
© Axel Mauruszat

Die **Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)** hat ihren Stammsitz „Unter den Eichen“ in Berlin-Lichterfelde/Steglitz. Als Bundesoberbehörde prüft, forscht und berät sie zum Schutz von Mensch, Umwelt und Sachgütern. Gemäß ihres Gründungserlasses ist die BAM unter anderem zuständig für die Weiterentwicklung von Sicherheit in Technik und Chemie und für die physikalische und chemische Prüfung von Stoffen und Anlagen. Die BAM arbeitet bei der Entwicklung gesetzlicher Regelungen, zum Beispiel bei der Festlegung von Sicherheitsstandards, mit und berät die Bundesregierung, die Wirtschaft sowie nationale und internationale Organisationen im Bereich der Materialtechnik und Chemie.

www.bam.de

Innovative Firmen am Teltowkanal

Südwestlich von Berlin und rund 15 Kilometer vor Potsdam liegt der Industriestandort Teltowkanal, zu dem die Kommunen Teltow, Kleinmachnow und Stahnsdorf gehören. Als geographische Schnittstelle zwischen beiden Regionen profitiert dieser Standort von der Nähe zu den wissenschaftlichen Instituten in Berlin und Brandenburg. Dadurch zählt der Standort am Teltowkanal zu den innovativsten Regionen in Brandenburg und beherbergt eine ganze Reihe zukunftsträchtiger Unternehmen, von der Optik und Photonik über die Medizintechnik bis hin zur Biotechnologie.

Zum Standort rund um den Teltowkanal gehören mehrere Gewerbegebiete, die allesamt gut erschlossen sind. Dank der guten Verkehrsanbindung an die Metropolregion bieten sie ihren Anliegern hervorragende Standortbedingungen. Das größte unter ihnen ist das Techno Terrain Teltow, außerdem gehören hierzu das Technologiezentrum Teltow, der Green Park Stahnsdorf und der Europarc Dreilinden. Mit rund 600.000 Quadratmetern Fläche ist der **Techno Terrain Teltow** der größte innerstädtische Büro- und Gewerbepark in ganz Deutschland. Dort sitzen mittlerweile 250 Unternehmen mit rund 6.000 Beschäftigten.

Inzwischen ist das Gebiet zu rund 90 % ausgelastet. Darunter finden sich Unternehmen aus der Medizintechnik, wie die co.don AG oder die SOMATEX Medical Technologies GmbH, und aus der Mikroelektronik, wie Vectron International GmbH.

Die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)
hat ihren Stammsitz „Unter den Eichen“
© BAM

Blick in die Rheinstraße in Teltow, Sitz innovativer Unternehmen
© Wirtschaftsförderung Land Brandenburg GmbH, Fotograf: U. Böttcher

Das **Technologiezentrum Teltow** ist die erste Anlaufstelle vor Ort für junge Unternehmen in der Gründungsphase. Firmen mit innovativen Ideen finden hier passende Gewerberäume und Beratungsangebote für die Existenzgründung. Hier ist unter anderem die microtech GmbH zu finden.

Der **Green Park Stahnsdorf** hat eine Fläche von rund 75.000 Quadratmetern. Dort arbeiten rund 1.000 Menschen in rund 70 Unternehmen, unter anderem im Bereich der Analytik, Lasertechnologie, Sensorelektronik und digitalen Großbildtechnik. Die Ruhlsdorfer Straße ist einer von fünf Standorten von der Newport Spectra-Physics GmbH, eines weltweit agiererden Herstellers von Lasersystemen für Industrie und Wissenschaft.

Im **Europarc Dreilinden** ist unter anderem die Highyag Lasertechnologie GmbH ansässig, die neuartige Werkzeuge zur Lasermaterialbearbeitung entwickelt. Auch einige große Unternehmen unterhalten hier Geschäftsräume.

Rund um den Teltowkanal sind auch zahlreiche weitere Unternehmen aus dem Bereich der optischen Technologien angesiedelt, darunter zahlreiche kleine und mittelständische Unternehmen, die zu den Spezialisten in ihrem Technologiefeld gehören. Beispiele sind die Adlares GmbH (luftgestützte Gassensorik) oder LMI Technologies, ein Unternehmen der TKH Group BV (3D-Sensoren für die Qualitätssicherung). Außerdem sitzen in Teltow die SensoMotoric Instruments Gesellschaft für innovative Sensorik mbH (eye tracking) und die Secopta analytics GmbH (LIBS Analysetechnik).

www.adlares.com
www.lmi3d.com/de
www.smivision.com
www.secopta.de

Eine besondere Bedeutung für die Region haben die wissenschaftlichen Institute rund um den Forschungsstandort Teltow-Seehof. Zum einen ist dies das **Institut für Dünnschichttechnologie und Mikrosensorik e. V. (IDM)**, zum anderen das Institut für Biomaterialforschung, die Teltower Zweigstelle des Helmholtz-Zentrums Geesthacht (HZG, früher GKSS-Forschungszentrum). Den Schwerpunkt der Arbeit am IDM bilden Materialentwicklung und Analytik. Rund 20 Mitarbeiter, die Mehrzahl davon Wissenschaftler, sind hier beschäftigt. Das IDM versteht sich auch als Dienstleister für kleine und mittlere Unternehmen, insbesondere aus der Region Berlin Brandenburg. Es bietet Dienstleistungen und Beratung an, von optischen und sensorischen Funktionsmaterialien bis hin zur Entwicklung diffraktiv-optischer Elemente.

Institut für Biomaterialforschung des Helmholtz-Zentrums Geesthacht in Teltow
© Wirtschaftsförderung Land Brandenburg GmbH, Fotograf: W. R. Rast

Kerngeschäft des **Instituts für Biomaterialforschung** des **Helmholtz-Zentrums Geesthacht (HZG)** sind multifunktionale, polymerbasierte Biomaterialien für Anwendungen in der regenerativen Medizin. Als Teil der größten deutschen Wissenschaftsorganisation, der Helmholtz-Gemeinschaft, profitiert auch die HZG von der guten Vernetzung in der nationalen Forschungslandschaft.

Ansprechpartnerin: Verena Klemz

Wirtschaftsförderung Land Brandenburg GmbH

Telefon: 033 173061 237
E-Mail: verena.klemz@wfbb.de

4 Forschung & Industrie

4.1 Lasertechnik – Schneiden, Schweißen und Messen mit Licht

„Der Laser ist heute Universalwerkzeug in der Fertigung und Schlüsselkomponente in Medizin-, Kommunikations- und Messtechnik. Seit nunmehr über 50 Jahren bildet die Lasertechnik einen Schwerpunkt in der Berlin Brandenburger Forschungs- und Industrielandschaft. “

Thomas Beck | Handlungsfeldsprecher Lasertechnik, Siemens AG und Geschäftsführer des Laserverbund Berlin-Brandenburg e. V.

Laser sind heutzutage unverzichtbare Werkzeuge, die in vielen Industriebranchen Einzug gehalten haben. Dank seiner besonderen Eigenschaften dient Laserlicht heute als Werkzeug zum Übertragen von Informationen, für hochgenaue Messungen, für chirurgische Behandlungen, im Automobilbau oder bei der Produktion von Computerchips.

Auch zur Herstellung von Brillengestellen wird modernste Lasertechnik eingesetzt
© Wirtschaftsförderung Land Brandenburg GmbH, Fotograf: S. Drosch

Die Parameter der Lasertechnik werden ständig verbessert. In der Zeitauflösung sind die Wissenschaftler inzwischen bis in den Attosekundenbereich vorgedrungen. Mit solchen unvorstellbar kurzen Pulsen lassen sich fundamentale chemische Reaktionen in höchster zeitlicher Auflösung abbilden. In der Industrie sind Stabilität und hohe Leistungen Garanten für hohen Durchsatz, Kilowatt-Power und mehr als 99 % Verfügbarkeit sind hier inzwischen üblich. Schneiden und Schweißen in der Automobilbranche sind heute große Anwendungsbereiche, wo der Laser zum Standardwerkzeug geworden ist. Die Vielfalt der Lasertechnik spiegelt sich auch in der Region Berlin Brandenburg wider. Vor Ort finden sich sowohl weltweit renommierte wissenschaftliche Institute als auch eine Reihe von Hochtechnologieunternehmen, die viele Aspekte der modernen Lasertechnik abdecken. Dabei werden alle Teile der Wertschöpfungskette abgebildet, von der Halbleiterentwicklung für neue Lasermaterialien bis hin zur Verfahrensentwicklung für das Laserauftragschweißen an großen Turbinenteilen.

Laserforschung auf Weltniveau

Das **Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik (FBH)** ist eines der führenden Institute auf dem Gebiet der Optoelektronik und Mikrowellentechnik. Auf der Basis von III/V-Verbindungshalbleitern realisiert es Hochfrequenz-Bauelemente und Schaltungen für die Kommunikationstechnik und Sensorik. Leistungsstarke und hochbrillante Diodenlaser entwickelt das Institut für die Materialbearbeitung, Medizintechnik und Präzisionsmesstechnik.

Laserwafer in Baugrößen zu 2, 3 und 4 Zoll
© FBH/schurian.com

Eine der Stärken des FBH liegt im Bereich der Hochleistungs-Laserdioden. Für Partner und Kunden in Forschung und Industrie entwickelt das FBH maßgeschneiderte Diodenlaser zum Pumpen von Festkörperlasern für den direkten Einsatz in der Materialbearbeitung und der Medizin.

www.fbh-berlin.de

Zusammen mit der **Arbeitsgruppe Quantenoptik und Metrologie** (Prof. Peters) der **HU Berlin** betreibt das FBH das **Joint Lab Laser Metrology**. Zu den Arbeitsfeldern in der Lasermetrologie gehören unter anderem mikrointegrierte elektrooptische Module, insbesondere für den Einsatz im Feld oder im Weltraum, Interferometer für Abstandsmessungen zwischen Satelliten oder quantenoptische Sensoren, wie etwa optische Atomuhren und Atominterferometer.

www.fbh-berlin.com/research/photonics/laser-metrology/joint-lab

Diodenlaser auf C-Mount
© FBH/schurian.com

Seit 2017 haben das **Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ)** und das FBH Im Rahmen des BMBF-Projekts EQuiLa – Erforschung und Qualifizierung innovativer Lasermaterialien und -kristalle – am IKZ das **Zentrum für Lasermaterialien-Kristalle ZLM-K** aufgebaut. Am ZLM-K werden Seltenerd- und Übergangsmetall-dotierte oxidische und fluoridische Kristalle strukturell und spektroskopisch auf ihre Eignung für den Laserbetrieb geprüft. Für die Durchführung einfacher Laserexperimente soll dabei auch auf Diodenlaser vom Projektpartner FBH zurückgegriffen werden, wo im Rahmen von EQuiLa das Zentrum für **Lasermaterialien-Halbleiter ZLM-H** etabliert wird. Auf diese Weise entsteht ein weltweit führendes Forschungsumfeld, in dem Laser-Demonstratoren unter Verwendung von am Standort hergestellten Verstärkermedien und Pumpquellen aufgebaut werden können.

www.ikz-berlin.de/de/forschung-am-ikz/zentrum-fuer-lasermaterialien-2

Auch das **Max-Born-Institut für Nichtlineare Optik und Kurzzeitspektroskopie (MBI)** betreibt im Wissenschafts- und Technologiepark Berlin Adlershof Laserforschung auf Spitzenniveau. Das MBI ist spezialisiert auf ultrakurze und ultraintensive Laserpulse. Auf der einen Seite arbeiten die Wissenschaftler dort an neuen Quellen für solche Lichtimpulse, an der Pulsformung und Pulscharakterisierung in einem breiten Spektralgebiet vom mittleren Infrarot bis in den Röntgenbereich. Auf der anderen Seite nutzen die Forscher am MBI diese Möglichkeiten, um ultraschnelle, nichtlineare Phänomene in Atomen, Molekülen, Clustern und Plasmen sowie an Oberflächen und in Festkörpern aufzuklären. Diese Kombination von moderner Laserentwicklung und Messtechnik mit interdisziplinären Anwendungen verleiht dem MBI sein Alleinstellungsmerkmal und eine besondere Attraktivität für externe Nutzer.

www.mbi-berlin.de

Dringend benötigt werden solche Laserkraftpakete unter anderem als technologische Basis für das europäische Großobjekt ELI. Das Kürzel steht für **Extreme Light Infrastructure.** ELI soll die weltweit führende Laserforschungsinfrastruktur werden. Sie entsteht in drei spezialisierten Einrichtungen in Tschechien, Ungarn und Rumänien. Damit ist es das erste ESFRI-Projekt (European Strategy Forum on Research Infrastructures), das zur Gänze in den neuen Ländern der EU realisiert wird. Auch das Deutsche Elektronen Synchrotron mit seinen Instituten in Hamburg und Zeuthen bei Berlin ist Mitglied bei ELI.

www.eli-laser.eu

An der Integration moderner Lasertechnik in industrielle Anwendungen arbeitet das **Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM.** Das Leistungsspektrum beinhaltet Beratung und Prozessentwicklungen bis hin zu technologischen Lösungen. Zu den Laser-Technologien, die das IZM entwickelt, gehören spezielle Glasfasern oder das Anbringen von Linsenarrays an Laserdiodenbarren mit mehreren Emittern bis hin zum CO_2-Laserbohren von Löchern in Glas. Solche Durchkontaktierungen im Glas sind eine entscheidende Technologie für thermische und elektrische Verbindungen.

www.izm.fraunhofer.de

On-Board-Transceiver mit 4x25 Gbit/s/Kanal auf Glasinterposer mit Durchkontaktierungen und integrierten Linsenarrays
© Fraunhofer IZM

Umlenk-Spiegeleinheit zur optischen Ankopplung an einen mit elektrischen und optischen Wellenleitern versehenen Glas-Chip für EOCB/Backplane-Anwendungen
© Fraunhofer IZM

Die Forscher am **Institut für Optik und atomare Physik IOAP** der **TU Berlin** befassen sich ebenfalls mit einem breiten Spektrum an Themen. In mehreren Arbeitsgruppen forschen sie zu Lichtoptik, Laserphysik, Lasermolekülspektroskopie, Umweltphysik, Spektroskopie, optischen Technologien, Elektronenmikroskopie und -holographie, sowie Röntgenspektroskopie, Röntgenanalyse und Röntgenoptik. Diese Methoden werden dann auf spezielle experimentelle Untersuchungen auf den Gebieten der Atom-, Molekül-, Cluster- und Festkörperphysik angewandt.

www.ioap.tu-berlin.de

Auch am **Institut für Festkörperphysik (IFKP)** der **TU Berlin** wird an zahlreichen Fragen der Optik und Photonik geforscht. Die Arbeitsgruppen am Institut beschäftigen sich unter anderem mit Mikro- und Nanolasern, Optoelektronik und Quantenbauelementen sowie neuen Technologien mit nanophotonischen Bauteilen.

www.ifkp.tu-berlin.de

Pumpmodul für Hochenergie-Kurzpulslasersysteme mit circa 6 kW Ausgangsleistung aus der Faser
© FBH/P. Immerz

Das **Institut für Optik und Photonik** der **Humboldt-Universität zu Berlin** hat Arbeitsgruppen von der Nano-Optik über optische Metrologie und Attosekundenphysik bis hin zu nichtlinearer Quantenoptik und ultraschneller Optik. Laser spielen hier fast überall eine entscheidende Rolle.

www.physik.hu-berlin.de/de/op

Eine besondere Stärke der Photonik-Forschung am **Fachbereich Physik** der **FU Berlin** ist die Biophysik. Hier werden alle modernen optischen Methoden eingesetzt, um das Geheimnis des Lebens zu entschlüsseln. Darüber hinaus gibt es Arbeitsgruppen zur Optoelektronik, Nahfeldoptik und zur molekularen Biophysik mit photonischen Materialien.

www.physik.fu-berlin.de

Vollständig glasbasierte mikro-optische Bank für kompakte Diodenlasermodule mit Strahldrehung und Zusammenführung mehrerer Kanäle auf eine optische Faser
© Fraunhofer IZM

Auch an der **Universität Potsdam** arbeiten mehrere Arbeitsgruppen auf dem Gebiet der Photonik. Im Fokus stehen etwa Fragen zur ultraschnellen Dynamik in kondensierter Materie oder zur modernen Quantenoptik. Außerdem gibt es eine gemeinsame Professur mit dem Helmholtz-Zentrum Berlin zu den Methoden und der Instrumentierung der Forschung mit Synchrotronstrahlung.

www.physik.uni-potsdam.de

Viele Laseraktivitäten sind in Potsdam auch am Institut für Chemie angesiedelt. Moderne Laserspektroskopie und optische Sensorik für Labor, Analytik, Diagnostik und Prozesskontrolle sind die Kernkompetenz der **AG Physikalische Chemie** an der **Universität Potsdam UPPC.** Die Gruppe arbeitet in den Bereichen Photophysik und Photochemie, Optische Sensorik und Biomonitoring sowie Umweltchemie und Umweltanalytik. Gemeinsam mit dem **Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam (AIP)** trägt die UPPC das **Zentrum für Innovationskompetenz innoFSPEC Potsdam**. Die Aktivitäten von innoFSPEC werden im Kapitel 4.4 „Optische Analytik“ genauer beschrieben.

www.chem.uni-potsdam.de/groups/pc

Laser-Kompetenz bei Unternehmen

Zu den internationalen Schwergewichten auf dem Lasermarkt gehört die **TRUMPF Gruppe,** die auch in Berlin ein Zentrum für Forschung und Entwicklung an Laserdioden unterhält. Das Traditionsunternehmen hat weltweit gut 11.000 Mitarbeiter und ist einer der global führenden Anbieter für Lasersysteme aller Art. Mit dem Berliner Standort in Adlershof will TRUMPF die Technologie- und Marktführerschaft bei Hochleistungs-Diodenlasern weiter ausbauen. Dazu betreibt die **TRUMPF Laser GmbH** in Adlershof Forschung und Entwicklung in den Hochtechnologiebereichen Aufbautechnik, Halbleiterphysik und Laserphysik. Ein Halbleiterlaser, der in Kooperation von TRUMPF und FBH in Adlershof entwickelt wurde, hat im Jahr 2017 die Ein-Kilowatt-Grenze übertroffen.

www.trumpf.com/de

Gerade am Standort Adlershof gelingt es vielen Unternehmen, die von den Forschern gewonnenen Erkenntnisse unternehmerisch erfolgreich zu verwerten. Ein Beispiel ist die **eagleyard Photonics GmbH**, die seit 15 Jahren Hochleistungslaserdioden für High-End-Applikationen entwickelt, produziert und weltweit vertreibt.

Hochleistungslaserdiode für extreme, gepulste Anwendungen
© eagleyard Photonics GmbH

Jüngste Produkte im Spektrum sind neue robuste Hochleistungsdioden mit Spitzenleistungen bis 90 Watt für gepulste Anwendungen, sogar unter extremen Tempera-

turbedingungen, sowie eine hochbrillante Singlemode Laserdiode mit 800 mW Ausgangsleistung und integrierter Strahlformung.

www.eagleyard.com

14-PIN-Butterfly DFB Laser (links: 795 nm, rechts: 1064 nm)
© eagleyard Photonics GmbH

Diodenlaserbarren der Jenoptik Diode Lab GmbH
© Jenoptik AG/Heiner Mueller-Elsner

Mit der **Jenoptik AG** produziert ein wichtiger Konzern der Branche in Berlin. 2002 aus einer engen Kooperation zwischen Jenoptik und dem FBH hervorgegangen, fertigt die **Jenoptik Diode Lab GmbH** heute optoelektronische Halbleiterbauelemente in Berlin, die Jenoptik später bei der Entwicklung und Fertigung von Hochleistungsdiodenlasern einsetzt. Dabei bietet Jenoptik für die Lasermaterialbearbeitung Produkte und Applikationen entlang der ganzen Wertschöpfungskette an – von einzelnen Komponenten bis hin zur komplexen Laseranlage. Zudem fertigt Jenoptik innovative Festkörperlaser wie Scheiben- und Faserlaser.

www.jenoptik.de

Im Bereich Laserdioden herrscht eine gute Dynamik. Dies zeigt sich auch an der Zahl der Spin-offs auf diesem Gebiet. Die **PBC Lasers GmbH** ist eine Ausgründung aus dem **Institut für Festkörperphysik der TU Berlin**. PBC Lasers steht für Photonic Band Crystal Lasers. Die Firma entwickelt Laserdioden, die hohe Leistung und Energieeffizienz mit hoher Brillanz der emittierten Strahlung verbinden. Hochleistungslaser, Lasermodule und Systeme von PBC Lasers kommen in der Materialbearbeitung zum Einsatz. Darüber hinaus wird an Anwendungen in der Medizin und in der Spektroskopie gearbeitet.

www.pbc-lasers.com

Ebenfalls auf Dioden hat sich die **Lumics GmbH** spezialisiert. Das Unternehmen beherrscht von der Epitaxie bis zur Assemblierung alle Prozessschritte zur Herstellung von kompletten Laserdiodenmodulen. Entstanden am Stuttgarter Max-Planck-Institut für Festkörperforschung, ist Lumics mittlerweile Teil der Scansonic Group und führender Hersteller von Hochleistungs-Diodenlasern und Laserdioden für medizinische, industrielle und wissenschaftliche Anwendungen.

www.lumics.de

Auch die **Laser Electronics LE GmbH** entwickelt und fertigt Hochleistungs-Laserdiodensysteme. Sie ist dabei auf die Steuer- und Kühltechnik spezialisiert und bietet Laserdiodencontroller, TEC-Treiber und Laserkühler für die Materialbearbeitung und für industrielle und medizinische Anwendungen an. Auf Komplettmodule inklusive Optik und Fasern zur Weiterleitung des Laserlichts hat sich auch die **PhotonTec Berlin GmbH** spezialisiert. Außerdem hat PhotonTec diodengepumpte Festkörperlaser im Angebot. Das Produktspektrum reicht vom nahen Infrarot bis ins Ultraviolette und von Milliwatt bis zu Hunderten Watt Laserleistung.

www.laser-electronics.de
www.photontec-berlin.com

Laser Diode Controller LDC2000
© Laser Electronics LE GmbH

Die **Brilliance FAB Berlin GmbH** wurde im Mai 2013 im Rahmen einer Kooperation zwischen dem FBH und dem chinesischen Unternehmen Sino Nitride Semiconductor CO., LTD (SNS) gegründet. Die Aktivitäten von BFB zielen darauf ab die Halbleiterlaser-Technologie des FBH für den industriellen Einsatz zu verwerten. Im Zentrum der Entwicklungen stehen Laser zur Anwendung in der Automobilbeleuchtung, Quantensensorik sowie der Raman-Spektroskopie.

www.berlin-bfb.de

Auf kurze Pulse spezialisiert

Einige Firmen haben sich auf Laser mit kurzen Pulsen konzentriert. Zum Beispiel die **LTB Lasertechnik Berlin GmbH.** Das Unternehmen bietet Kurzpuls-Laser im gesamten Spektralbereich, hochauflösende Spektrometer und lasergestützte Messtechnik an. Die Firma hat sowohl Stickstoff- als auch Farbstofflaser im Angebot.

www.ltb-berlin.de

Eine Sammlung von kompakten PicoQuant Laserköpfen
© PicoQuant GmbH

Die Firma **Picoquant GmbH** befasst sich mit Diodenlasern, die ultrakurze Pulse liefern können. Die Pulszeiten liegen typischerweise im Pikosekundenbereich, im Megahertz-Bereich liegt die Wiederholrate. Außerdem bietet die Firma Fluoreszenz-Spektrometer und -mikroskope an. Die Anwendungsgebiete reichen von den Material- und Lebenswissenschaften bis zu den Quantentechnologien.

www.picoquant.com

Auch die **Advanced Laser Diode Systems A.L.S. GmbH**, eine Tochter des Schweizer Lasertechnik-Anbieters onefive bzw. der **NKT Photonics A/S**, hat sich den kurzen Pulsen verschrieben. Das Unternehmen ist führender Hersteller von Photodetektoren und schlüsselfertigen Ultrakurzpuls-Lasersystemen mit Pulslängen, die bis in den Femtosekundenbereich hinuntergehen.

www.alsgmbh.com

Das Teltower Unternehmen **Adlares GmbH** hat ein Detektionsmodul im Angebot, das aus der Luft Gasleitungen auf Dichtigkeit prüfen kann. Die Firma **Polytec GmbH** unterhält in Berlin-Adlershof ein Vertriebs- und Beratungsbüro für spektroskopische Messsysteme und Faserlaser, optische Verstärker und Komponenten-Testsysteme. Die Potsdamer **F&K Physiktechnik GmbH** hat neben Ultraschalltechnik für die Chipherstellung auch Justagelaser für die Ausrichtung von Maschinen und Werkstücken sowie optoelektronische Messsysteme im Angebot.

www.adlares.com
www.polytec.com/de
www.fkphysiktechnik.com

Zum Programm der **Vistac GmbH** für optische Messsysteme und taktile Informationen in Teltow gehört unter anderem ein Blindenstock, der per Laser die Umgebung scannt und vor Hindernissen warnt. Das Prinzip wird auch für Kollisionsschutzsensoren genutzt.

www.vistac.de

Die **CryLaS Crystal Laser Systems GmbH** entwickelt, produziert und liefert diodengepumpte Festkörperlaser im DUV-, UV-, VIS- und IR-Bereich für die unterschiedlichsten Anwendungen in Wissenschaft, Forschung und Industrie. Wofür man diese Technik unter anderem nutzen kann, das zeigt die CryLaS-Tochter **Secopta analytics GmbH**. Secopta entwickelt und produziert laserspektroskopische Lösungen für Messaufgaben in der Industrie und im Sicherheitsbereich. Mittels laserinduzierter Breakdown-Spektroskopie (LIBS) und schneller neuronaler Netze zur Ergebnisauswertung, können die Proben direkt im Prozess und ohne spezielle Aufbereitung beurteilt werden. Anwendungsfelder finden sich im Recyclingbereich zur Sortierung verschiedener Materialien und Legierungen, in der verarbeitenden Industrie zur Prozessüberwachung und Qualitätssicherung sowie im Sicherheitsbereich zur Detektion von Gefahr- und Schadstoffen.

www.crylas.de
www.secopta.de

Schnell und präzise: Materialbearbeitung per Laser

Die Lasermaterialbearbeitung ist aus der modernen Fertigungstechnik nicht mehr wegzudenken. Dennoch hört die Entwicklung nicht auf und es wird weiter intensiv geforscht. Heute stehen vor allem die Fragen im Raum: Wo ist der Laser kostengünstiger als andere Verfahren? Wo ermöglicht er mehr Leistung bei weniger Materialverbrauch? Und überhaupt: Welche neuen Konstruktionen werden nur mit dem Laser möglich?

Die Antworten sind vielfältig. Bei Schneid- und Schweißanwendungen hat der Laser schon heute eine starke Position, additive Verfahren wie das 3D-Drucken von Metallen kommen gerade dazu. Aufgrund der großen Bedeutung des Lasers für die Materialbearbeitung ist es kein Wunder, dass nicht nur technisch orientierte Hochschulen und Forschungseinrichtungen auf diesem Gebiet aktiv sind, sondern dass sich auch eine ganze Reihe der Berlin Brandenburger Hersteller auf Laser für diesen Bereich spezialisiert haben.

Am **Fachgebiet Füge- und Beschichtungstechnik** der **TU Berlin** wird nach Möglichkeiten gesucht, Materialien per Laser miteinander zu verbinden, die bisher als nicht schweißbar galten und nach Möglichkeiten für Beschichtungen oder Reparaturen an Bauteilen. Im **Fachbereich Technik** der **TH Brandenburg** forschen die Mitarbeiter ebenfalls an bisher noch nicht machbaren Verbindungen. Hier haben sie unter anderem das Verschweißen von sehr dünnen Drähten im Blick und von solchen mit sehr unterschiedlicher Dicke. Außerdem werden Unternehmen Einführungen und Kooperationen geboten, etwa beim Schneiden, Löten, Schweißen oder Bohren mit Laserstrahlung.

www.fbt.tu-berlin.de/menue/beschichtungstechnik
technik.th-brandenburg.de/forschung-und-kooperation/fe-schwerpunkte-und-themen/lasertechnologie

An der **BTU Cottbus-Senftenberg** werden am **Lehrstuhl Füge- und Schweißtechnik** diverse Verfahren der Lasermaterialbearbeitung untersucht. Der Lehrstuhl gehört zum **Institut für Produktionsforschung** der Fakultät 3 Maschinenbau, Elektro- und Energiesysteme. Schwerpunkte liegen hier auf der branchenübergreifenden Entwicklung von energie- und materialeffizienten Leichtbaulösungen und zugehörigen Fertigungstechnologien. Der Lehrstuhlinhaber Prof. Vesselin Michailov ist gleichzeitig Geschäftsführer des **Leichtbauzentrums Panta Rhei gGmbH.** Seit der Gründung im Jahr 2001 beschäftigt sich das Forschungszentrum, dessen Hauptgesellschafter die BTU ist, vor allem mit Leichtbauwerkstoffen auf der Basis von Aluminium, Magnesium, Titan, hochwarmfesten Titanaluminidlegierungen und höherfesten, oberflächenveredelten Stählen.

www.b-tu.de/fg-fuegetechnik
www.b-tu.de/pantarhei-cottbus

VisUV_AC_Lasermodul: kompaktes, All-In-One-Lasermodul, das picosekunden gepulstes Laserlicht mit bis zu drei verschiedenen Wellenlängen generieren kann
© PicoQuant GmbH

Mit CO_2-Lasern können schlanke und tiefe Schweißnähte erzeugt werden, die höchsten mechanischen Belastungen standhalten
© TRUMPF

Auch die Mitarbeiter an der **Beuth Hochschule für Technik** arbeiten an neuen Techniken für Lasermaterialbearbeitung und medizinische Anwendungen.

www.beuth-hochschule.de

Das **Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb (IWF)** der **TU Berlin** orientiert sich bei seinem Forschungs- und Lehrangebot an Technologie und Management des industriellen Fabrikbetriebs. Das umfasst sowohl die Entwicklung von Prozesstechnologien und Produktionsanlagen als auch deren informationstechnische Modellierung. In sechs Fachgebieten arbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler interdisziplinär an der „Digitalen Fabrik“. Zum IWF gehört unter anderem das Fachgebiet Fügetechnik, wo man sich vor allem mit dem Fügen durch Schmelzschweißen beschäftigt. Dazu gehören mehrere grundlegende Projekte zur angewandten Lasertechnik.

www.iwf.tu-berlin.de/menue/institut_fuer_werkzeugmaschinen_und_fabrikbetrieb

Das IWF bildet zusammen mit dem **Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK** das **Produktionstechnische Zentrum Berlin,** in dem sowohl Grundlagenforschung für produktionstechnische Prozesse als auch industrienahe Anwendungsforschung betrieben werden.

Zu dem Doppelinstitut der Fraunhofer-Gesellschaft und der TU gehört seit 1986 eine große verglaste, stützenfreie Versuchshalle mit einem halbkreisförmig gestaffelten Gebäudegürtel für Arbeitsräume, Werkstätten und Laboratorien. In den Gebäuden am Ufer der Spree arbeiten die seit 1979 durch Kooperationsvertrag verbundenen Institute an Fragen der Erforschung und Optimierung von industriellen Produktionsprozessen.

Das IPK ist eng mit dem IWF verbunden. Die Probleme in der industriellen Umsetzung neuer Verfahren geht man mit gemeinsamen Berufungen an. Die Forscher am IPK suchen nach Möglichkeiten zur Bearbeitung von sprödharten und sonstigen schwer zerspanbaren Werkstoffen, zur Strukturierung von Oberflächen und zur Herstellung komplexer Geometrien. Dazu arbeitet man mit Laser-Pulver-Schweißen sowie Laserstrahl- und Hybridschweißverfahren.

www.ipk.fraunhofer.de

An der **Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW)** wird unter anderem an Laseranwendungen in der Entwicklung von Dünnschicht-Solarzellen und Laser-Materialbearbeitung gearbeitet.

www.htw-berlin.de

In der **Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)** sucht man nach Methoden, mit denen sich dickwandige Bauteile per Laser- und Laser-Lichtbogen–Hybrid-Schweißverfahren zuverlässig

Das Produktionstechnische Zentrum (PTZ) Berlin, links im Vordergrund das neue Anwendungszentrum Mikroproduktionstechnik – AMP
© Fraunhofer IPK

und produktiv verbinden lassen. Im Blick sind dabei zum Beispiel Verbindungen von Stählen unterschiedlicher Güte.

www.bam.de

Lasermaterialbearbeitung in der Anwendung

Auch aufseiten der Unternehmen ist das Angebot vielfältig. Dabei gibt es einerseits profilierte Anbieter von Lasertechnik mit Weltruf und breiter Produktpalette. Andererseits erschließen immer mehr metallverarbeitende Betriebe in Berlin und Brandenburg die Lasertechnik für sich und können so innovative Produkte anbieten. Ein gutes Beispiel für die Laseranbieter von Weltruf ist die Fertigungsstätte der **Newport Spectra-Physics GmbH** in Stahnsdorf. Sie geht auf die Nach-Wende-Gründung LAS GmbH zurück. Heute gehört das Unternehmen zum amerikanischen Konzern MKS Instruments. Im Photonikbereich werden sehr kompakte, aktiv-gütegeschaltete Laser im infraroten, grünen und UV-Wellenlängenbereich entwickelt und gefertigt.

www.spectra-physics.com

Im Europarc Dreilinden in Kleinmachnow hat die **HIGHYAG Lasertechnologie GmbH** (Tochter der II-VI Inc.) ihren Sitz, ebenfalls ein weltweit führendes Unternehmen für Werkzeuge zur Lasermaterialbearbeitung. Das Unternehmen bietet Bearbeitungsköpfe zum Schweißen, Löten, Schneiden, Beschichten und Bohren, außerdem Strahlübertragungssysteme und Zubehör. Zum gleichen Konzern gehört inzwischen die Adlershofer Firma **II-VI Directphotonics GmbH.** Dort werden Direct-Diode-Lasersysteme für die Materialbearbeitung entwickelt und gefertigt.

www.highyag.de
www.directphotonics.com

Das wichtigste Geschäftsfeld der **AdlOptica Optical Systems GmbH** ist die vielfältige refraktive Strahlformungs- und multifokale Optik. Sie ist für die Umwandlung der Intensitätsverteilung eines Laserstrahls, zum Beispiel eines Gaußstrahls in ein Flat-top-Profil, bestimmt. Diese Strahlformungsoptik findet Anwendungen in zahlreichen industriellen und wissenschaftlichen Verfahren. Der Firmenname AdlOptica bezieht sich auf Adlershof, Deutschlands modernsten Technologiepark in Berlin.

www.adloptica.com

Vor allem in der Automobilindustrie kommt das zum Einsatz, was **Scansonic MI/IPT GmbH** im Programm hat. Das Unternehmen entwickelt und liefern Systeme für das Laser- und Lichtbogenfügen. Mit Scansonic-Komponenten lassen sich Karosserie- und Chassisteile aus unterschiedlichen Materialien schweißen und löten und stark beanspruchte Bauteile geregelt härten. Scansonic MI/IPT gehören ebenso wie Lumics GmbH, die **flying-parts GmbH** oder die **GEFERTEC GmbH** zur Berliner **Scansonic Holding SE.** Die Scansonic Gruppe hat damit ein breites Portfolio für laserbasierte Produktions- und Messtechnik aufgebaut. Seit 2014 gehört auch die Göttinger Firma Metrolux optische Messtechnik GmbH zur Scansonic-Gruppe.

www.gefertec.de
www.scansonic-group.de

ALO3 – Laserbearbeitungsoptik mit Nahtführung mittels Zusatzdraht
© Scansonic-Gruppe

Bei der **Compact Laser Solutions GmbH** hat man sich auf ultrakompakte Systeme spezialisiert. Eingesetzt werden sie unter anderem für Kennzeichnung und Codierung von Produkten, aber auch für Materialbearbeitungsprozesse im Mikro- und Makrobereich.

www.compactlaser.de

Für die Lasermikrobearbeitung bietet die **KOMLAS Optische Komponenten und Lasersysteme GmbH** aus Berlin gepulste Laserschweißsysteme an. Das KPL 5000 ist wartungsfrei und kann mit zwei Faserausgängen für das gleichzeitige Setzen von zwei Schweißpunkten geliefert werden. **Canlas Laser Processing GmbH** in Berlin-Adlershof hat sich in der Mikromaterialbearbeitung auf Laser mit hoher Repetitionsrate und hoher Leistung spezialisiert. Canlas-Technik schweißt Halbleiterchips auf Wärmesenken, kann aber auch medizinische Instrumente markieren oder Datamatrix-Codes auf Platinen gravieren.

www.komlas.de
www.canlas.de

Auch **Smart Laser Systems GmbH** bietet Systeme für die Mikrobearbeitung. So offeriert das Unternehmen diodengepumpte Festkörperlaser in kompakter Modulbauweise, die sich zum Beispiel zum Schweißen eignen. Sie können aber auch als optische Pinzette dienen. Natürlich lässt sich per Laser auch löten. Auf Systeme für das automatisierte Einzelpunktlöten hat sich **ATN Automatisierungstechnik Niemeier GmbH** spezialisiert.

Wenn es darum geht, die Bewegungen von Lasern zu automatisieren, kommen Firmen wie **Schleicher Electronic Berlin GmbH** ins Spiel. Das Unternehmen bietet hochperformante, flexible und offene Steuerungstechnologie.

www.sls-berlin.de
www.atn-berlin.de
www.schleicher.berlin

Mit eigenem Know-how –
Hersteller und Anwender zugleich

Viele Unternehmen der Region haben zwei Standbeine: Sie entwickeln und produzieren Anlagen zur Materialbearbeitung, fertigen aber auch selbst Bauteile im Kundenauftrag. Zum Beispiel die **Photon Laser Engineering GmbH**: Am Standort Berlin entwickelt und erprobt das Unternehmen neue Methoden: Schneiden, Schweißen, Löten, Beschichten, vor allem für die Fertigung von Autokarosserie und -technik, Schienen- und Raumfahrzeugen. Umgesetzt wird das Know-how unter anderem in der eigenen Fertigung: Im Schwesterunternehmen **Photon Laser Manufacturing GmbH** entstehen Blechteile, die mithilfe von Lasern geschnitten, gebohrt, geschweißt und gelötet wurden. Beide Firmen sind Teil der **Photon AG** mit Sitz in Berlin. Zu den Referenzkunden der Photon-Gruppe gehören renommierte Hersteller von Schienenfahrzeugen (Stadler Rail, Alstom Transport, Bombardier Transportation), von Windkraftanlagen (Siemens Energy) oder auch lokale metallverarbeitende Firmen wie die Hennigsdorfer Stahl Engineering GmbH.

www.le-photonag.com

Auch die Berliner Unternehmen **itec Automation & Laser AG** und **Laser-Mikrotechnologie Dr. Kieburg GmbH** haben mehrere Standbeine. itec fertigt einerseits Laserautomaten für Schneid- und Schweißprozesse und Sondermaschinen für komplexe Fertigungsprozesse. Andererseits produziert das Unternehmen im Kundenauftrag Muster und reguläre Serien. Laser-Mikrotechnologie Dr. Kieburg entwickelt und produziert Systeme zur Lasermikrobearbeitung, vom OEM-Modul bis zur kompletten Anlage. Mit der Technik lassen sich Fotoschablonen, Metallmasken, Beschriftungen und Pinholes herstellen. Außerdem kann man damit Silizium, Keramik und Metall dreidimensional bearbeiten sowie Materialien mikrostrukturieren und Metallfolien bis in den Mikrometerbereich hinein feinschneiden. Daneben bietet die Firma die genannten Arbeiten auch als Dienstleister an.

www.itec-online.de
www.laser-mikrotech.de

Auch das **Ingenieurbüro Hüyüktepe, Helios Laser-Service** ist auf zwei Gebieten aktiv. Zum einen warten und reparieren die Mitarbeiter Laseranlagen. Andererseits bietet die Firma mit eigener Technik verschiedene Dienstleistungen an: Laserfeinbearbeitung, Schneiden, Schweißen, Bohren, Ritzen, Beschriftungen und den Abtrag von Beschichtungen.

www.helios-laser.de

Die **DoroTEK Gesellschaft für Systemtechnik GmbH** wiederum vertreibt von Strausberg aus als Teil der polnischen Solaris-Gruppe Infrarot-Detektoren, optische Komponenten und Lasermodulatoren. Andererseits agiert die Firma auch als Lohndienstleister in Sachen Laserbeschriftung und Lasergravur.

www.dorotek.de

Als Dienstleister für die verschiedenen Formen der Lasermaterialbearbeitung sind In der Hauptstadtregion viele Firmen aktiv. Eine davon ist die **Laser Micro Präzision LMP GmbH** in Werder. Die Firma bietet Laserbeschriftungen bis hinunter in den Mikrometerbereich an, etwa für Datamatrix-Codierungen von Platinen. Außerdem versteht man sich auf Mikro-Oberflächenbearbeitung und auf Bohrungen im Submillimeterbereich. Die **escotec Lasertechnik GmbH** in Teltow ist Spezialist für das Laserschweißen, vor allem für die Medizintechnik. Kanülenrohre, Edelstahl- und Titanfolien sind typische Werkstücke.

www.escotec.com

Die **Crystalix Enterprises AG** hat sich auf Gravuren in oder auf Glas spezialisiert, die mit selbst entwickelten Maschinen durchgeführt werden. So lassen sich dreidimensionale Porträts, Firmenlogos und andere Motive in Glasoberflächen einbringen. Typische Beispiele sind die Darstellung von Fotos in höchster Auflösung oder das unauffällige Integrieren eines QR-Codes.

www.crystalix.com

Die **LHW GmbH** ist ein Spezialist auf dem Gebiet des Laserhärtens legierter und hochlegierter Stähle in Werkzeugsystemen. Die Kunden kommen aus der Fahrzeugindustrie, der Lebensmittelverarbeitung (Fleischerei), dem Maschinenbau und der Umformtechnik. Das Unternehmen bietet als Dienstleister die Härtung von Messerschneiden, Biege- und Schneidewerkzeugen, Pressformen, Walzen, Wellen, Zahnrädern, Profilrollen, Schnecken, Spritzgussformen und Lauf- und Lagerbuchsen an.

www.laser-lhw.de

Aber auch ganz normale metallverarbeitende Firmen erschließen die Lasertechnik für sich und können dadurch innovative Produkte anbieten. Typische Beispiele sind die **LASERTECHNIK Brandenburg/Havel GmbH** oder die **Finow Automotive GmbH** in Eberswalde.

www.lasertechnik-brandenburg.de
www.finowautomotive.de

Optische Komponenten für Laserstrahlung

Das Angebot an Laserherstellern ist breit. Und wo viele Laser produziert werden, da fehlen natürlich auch diejenigen nicht, die die Peripherie im Angebot haben. So befindet sich mit der **APE – Angewandte Physik & Elektronik GmbH** der internationale Marktführer für Komponenten und Systeme in der Ultrafast-Lasertechnologie in Berlin. Die Schwerpunkte der Firma liegen auf Systemen für die Ultrakurzpuls(UKP)-Diagnostik und die Wellenlängenkonversion.

www.ape-berlin.de

Auf Komponenten für die Steuerung und Kontrolle von Laseranlagen hat sich auch die **SLT Sensor- und Lasertechnik GmbH** spezialisiert. Das Unternehmen bietet unter anderem Sensoren für Impulslaser, Anzeigegeräte zur Messung der Impulsenergie, Power- und Energiemessköpfe für VUV-Laser.

www.pyrosensor.de

Laserdioden- und Peltiertreiber sowie modulare Kombinationen daraus bietet **Ostech e.K.** an, ob als Tischgerät oder Rackmodul. Außerdem sind integrierte Diodenlasersysteme sowie Kühlkörper im Angebot.

www.ostech.de

Mit der **Berliner Glas Gruppe** befindet sich einer der führenden europäischen Anbieter optischer Schlüsselkomponenten, Baugruppen und Systeme in der Hauptstadt. Das Unternehmen fertigt Linsen, Prismen, Gitter und andere präzisionsoptische Komponenten im Reinraum und liefert komplette optische, opto-elektrische und optomechanische Systeme. Für die Lasertechnik bietet Berliner

Glas kundenspezifische Strahlformungssysteme von der Laserquelle bis zum Werkstück an.

www.berlinerglas.de

Auch die **Holoeye Photonics AG** arbeitet mit Glas. Die Firma bietet diffraktive optische Elemente, die unter anderem in der 3D-Messtechnik eingesetzt werden, sowie Mikrodisplays und Komponenten zur Modulation von Amplitude und Phase. Kristallkomponenten, unter anderem für den Bau von YAG:Nd- und YAG:CR-Lasern, vertreibt die ebenfalls in Berlin ansässige **Crystal GmbH.** Neben aktiven und passiven Laserkomponenten bietet Crystal auch die Vorfertigung von Baugruppen an. Komponenten für die Laseroptik entwickelt und konstruiert auch die **Ekos GmbH,** unter anderem Achromate und Lichtschnittoptiken.

www.holoeye.com
www.crystal-gmbh.com
www.ekos-gmbh.de

Faseroptik

Die **FCC FibreCableConnect GmbH** bietet die Konfektionierung von Glasfasern für Laseranwendungen vom Entwurf über den Prototypenbau bis hin zur Serienfertigung. Komponenten für die speziellen Anforderungen von Lasermedizin hat FCC ebenso im Angebot wie Kabel mit aktiver Kühlung für Leistungen bis zu einem Kilowatt.

www.fibrecableconnect.de

Neue radial abstrahlende Beleuchtungsfaser mit höchster Freiheit im Produktdesign – AmbientFiber®
© Leoni Fiber Optics

Optische Spezialfaser mit quadratischer Kernform
© Leoni Fiber Optics

Mit der **Leoni Fiber Optics GmbH** unterhält ein weiterer europäischer Branchenführer in Berlin eine Niederlassung. Er hat optische Fasern mit kundenspezifisch angepassten Designs im Angebot, von Kabeln für Industrielaser bis hin zu Lösungen für die Lasermedizin. Optische Fasern und Fasersysteme sind auch das Geschäftsfeld der **art photonics GmbH**. Ihre Produkte werden unter anderem in der Spektroskopie eingesetzt, in der Analytik und in der Lasermedizin.

www.leoni-fiber-optics.com
www.artphotonics.de

Das Unternehmen **PT Photonic Tools GmbH** wurde im Herbst 2013 gegründet. Photonic Tools steht für Systemkomponenten und Anwendungslösungen von industriellen Kurz- und Ultrakurzpuls (UKP-)Lasern sowie Hochleistungs-cw-Lasern. Mit der ersten industriellen Faser-Strahlführung für UKP-Laser mit mikrostrukturierten Hohlkernfasern hat Photonic Tools einen Meilenstein für die einfache industrielle Integration des UKP-Lasers gesetzt. Die modularen Laserbearbeitungsköpfe und faserbasierten Strahlführungssysteme sind auf die Anforderungen des Lasereinsatzes in der Serien- und Großserienfertigung ausgelegt.

www.photonic-tools.de

Die **Fisba Photonics GmbH** ist die deutsche Tochter der Schweizer Fisba Optik. Als Standort wurde Adlershof gewählt, wegen der vielen Kompetenzen in der Nachbarschaft. Mit einem Entwicklerteam betreibt die Firma zum einen Grundlagenforschung, bietet aber auch Machbarkeitsstudien, experimentelle Untersuchungen, Konstruktion und Entwicklung sowie Labormuster und Prototypen an.

Zudem wartet Fisba mit präzisionsoptischen Komponenten und Systemen auf.

www.fisba.com

Kompakt-Interferometer zur Wellenfrontmessung
© TRIOPTICS Berlin GmbH

Die **TRIOPTICS Berlin GmbH** ist seit Herbst 2010 Teil der TRIOPTICS-Gruppe. Ehemals als Tochter der FISBA OPTIK AG (St. Gallen/Schweiz) im Frühjahr 1998 gegründet, ist die TRIOPTICS Berlin seitdem in der Interferometrie tätig und entwickelt Hard- und Softwareapplikationen im Bereich der Optischen Messtechnik. TRIOPTICS Berlin bietet Interferometer-Komplettsysteme, Messdienstleistungen sowie maßgeschneiderte Lösungen zu Messaufgaben der optischen Oberflächenmessung an.

www.trioptics-berlin.com

Insgesamt lässt sich externes Know-how auch bei der Berechnung und Konstruktion optischer Systeme in der Region leicht einkaufen. Freie Entwickler, wie zum Beispiel in der **Raab-Photonik GmbH,** helfen dabei, geeignete Systeme zusammenzustellen und zu optimieren. Frau Dr. und Herr Dr. Raab bieten Messung, Simulation und Tests optischer Systeme aus einer Hand. Daneben unterstützen sie ihre Kunden zum Beispiel bei der Formulierung von Patentanträgen.

www.raab-photonik.com

Ganz ähnlich ist das Angebot des Ingenieurbüros **Baer – Optical Engineering:** Neben klassischem Optikdesign und der Entwicklung optischer Systeme nebst Peripherie wird auch die Entwicklung von Algorithmen für die Kalibrierung von optischen Systemen sowie die Entwicklung elektronischer Schaltungen für Messtechnik und Sensorik angeboten.

www.baer-oe.de

Off-Axis-Teleskop mit Freiform-Spiegel (linke Abb.) sowie Reflexanalyse eines Fizeau-Interferometer-Objektivs (rechte Abb.)
© Baer – Optical Engineering

Die **JCMwave GmbH** entwickelt und vertreibt Software für schnelle und genaue Optiksimulationen. Die Anwendungsfelder des Finite-Elemente Solvers JCMsuite liegen im Bereich der Nano-Optik. Es lassen sich Systeme für die Photolithografie ebenso berechnen wie auch Solarzellen, integriert-optische Komponenten, aktive Bauelemente, Wellenleiter und plasmonische Komponenten. JCMwave wurde im Jahr 2001 als Spin-off-Unternehmen des Zuse-Instituts Berlin (ZIB) gegründet.

www.jcmwave.com

Die Firma **JP-ProteQ** befasst sich mit der analytischen Erfassung von Produktionsdaten als Basis für eine zuverlässige Prozesssteuerung, ohne sich auf bestimmte Technologien oder Hersteller festzulegen. Vielmehr steht die Aufgabe an sich im Vordergrund. Dafür kooperiert JP-ProteQ mit Partnern, wie etwa der Universität Potsdam, Raab-Photonik oder Astro- und Feinwerktechnik Adlershof, die das Detail-Know-how in das jeweilige Projekt mit einbringen.

www.jp-proteq.com

Als technischer und wissenschaftlicher Dienstleister rund ums Laserlicht versteht sich die **Laseraplikon GmbH,** die sich 2017 neu gründete und aus der Laser- und Medizin-Technologie GmbH, Berlin (LMTB) hervorgegangen ist. Das Leistungsspektrum der Laseraplikon GmbH umfasst die Organisation und Durchführung von Laserkursen nach den neuesten gesetzlichen Anforderungen, das wissenschaftliche Lektorat für Publikationen mit besonderem Themenschwerpunkt auf medizinische und technische Laseranwendungen sowie die Laserbeschriftung, -kennzeichnung und -markierung von Werkstücken, Werkzeugen und Baugruppen sowie Mess- und Prüfmitteln nach Kundenspezifikation.

www.laseraplikon.de

Netzwerke zur Lasertechnik

In den letzten Jahren hat sich eine Vielzahl von Netzwerkstrukturen für die Lasertechnik in der Hauptstadtregion gebildet, die Unternehmen und Forschungseinrichtungen den Zugang zu Ressourcen wie Wissen oder Kapital, sowohl auf lokaler als auch internationaler Ebene, erleichtern soll. Einen Einblick in die Strukturen gibt das Kapitel 6.2 „Netzwerke“. Besonders hervorzuheben ist dabei der **Laserverbund Berlin-Brandenburg e. V.** Hier treffen sich regelmäßig die Anwender und Hersteller industrieller Lasertechnik zum Laserstammtisch und zu Anwendertreffen. Gerade bei den Anwendertreffen besuchen die Mitglieder des Laserverbunds große und kleine Firmen und Institute, um mit den Akteuren der Branche den Erfahrungsaustausch zu pflegen.

www.laserverbund.de

Ansprechpartner: Thomas Beck

Handlungsfeldsprecher Lasertechnik

Telefon: 030 3461 2841
E-Mail: beck.tb@siemens.com

4.2 Lichttechnik – eine Branche im Wandel

„In den letzten zehn Jahren hat durch den Technologiewandel in der Lichterzeugung von der Gasentladungslampe zur Halbleiterlichtquelle eine Revolution in der Lichttechnik stattgefunden. Eine besondere Stärke der hiesigen Hersteller sind die hohe Qualität und das Design ihrer Produkte.“

Prof. Dr.-Ing. Stephan Völker | Handlungsfeldsprecher Lichttechnik, TU Berlin

Mit der Lichttechnik verbinden Berlin und Brandenburg eine lange Tradition: Hier wurden sowohl wissenschaftliche Grundlagen geschaffen als auch wesentliche Produktlinien entwickelt. Bis heute werden nicht nur die Lichterzeugung, sondern auch die Lichtmesstechnik, die Beleuchtungstechnik sowie die metrologischen Grundlagen der Lichtmessung von ortsansässigen Instituten und Unternehmen führend vorangetrieben. Insgesamt gehört die Lichttechnik in Deutschland zu den Zukunftsindustrien mit hoher Wachstumsdynamik und erheblichem Exportanteil. Enge Bezüge bestehen auch zur Gebäudetechnik, zur Beleuchtung des öffentlichen Raums, zu Umwelttechnik und Energieeffizienz, zur Solarenergienutzung und zu gesundheitlichen Aspekten.

Wie stark die Bedeutung der Lichttechnik heute ist, zeigt sich schon anhand der Umsatzahlen: Die deutsche Beleuchtungsindustrie verzeichnete in den vergangenen Jahren ein stetes Wachstum und erzielte im Jahr 2016 einen Gesamtumsatz von knapp sieben Milliarden Euro (statista.com). Aufgrund der zunehmenden Automatisierung und einer globalen Verlagerung der Produktion ist die Anzahl der Beschäftigten in der Branche deutschlandweit jedoch über die Jahre leicht rückläufig.

In Berlin und Brandenburg sind etwa 70 Unternehmen in der Lichttechnik aktiv. Diese zählt damit zu den wichtigen Wirtschaftsfaktoren in der Region – eine Position, die es in Zukunft zu erhalten und auszubauen gilt.

Berlin Bebelplatz
© Festival of Lights International Productions GmbH/Nelofee

Die entscheidende Innovation auf dem Gebiet der Lichttechnik im letzten Jahrzehnt ist der weltweite Siegeszug neuer Leuchtmittel auf Halbleiterbasis. LEDs (Licht-emittierende Dioden, kurz: Leuchtdioden) besitzen nicht nur eine hervorragende Energieeffizienz und Leistungsfähigkeit. Sie lassen sich auch elektronisch steuern und ermöglichen damit neuartige, intelligente Beleuchtungssysteme.

Messstand für LEDs
© Epigap Optronic GmbH

Eine zunehmende Rolle spielen inzwischen OLEDs: Leuchtmittel, die auf organischen Halbleitern beruhen. Diese organischen Leuchtdioden sind Dünnschichtbauelemente und lassen sich kostengünstiger herstellen als normale LEDs. Ihre Lebensdauer ist jedoch derzeit noch geringer. Da sie keine einkristallinen Materialien erfordern, lassen sie sich aber auch in biegsamen Bildschirmen oder als elektronisches Papier einsetzen.

Lichttechnik hat aber auch eine kulturelle und künstlerische Bedeutung für die deutsche Hauptstadt. Dies wird direkt erfahrbar bei **„Berlin leuchtet“** und dem **„Festival of**

Lights“, bei denen Lichtkünstler die Gebäude der Stadt mit Licht und Projektionen spektakulär in Szene setzen. Die Events finden jährlich im Oktober statt, locken mit immer neuen Lichtinstallationen und Illuminationen historischer Bauten zahlreiche Besucher an und bringen diese zum Staunen.

www.berlin-leuchtet.com
www.festival-of-lights.de

Forschen, Messen, Prüfen

Für die Zukunftsfähigkeit der Region Berlin und Brandenburg in Sachen Licht sorgt nicht zuletzt das **Fachgebiet Lichttechnik der TU Berlin**, das den Nachwuchs für die zahlreichen Unternehmen der Region ausbildet. Die lichttechnische Lehre an der TU Berlin blickt dabei auf eine bedeutende Geschichte zurück: Mit seiner Vorlesung „Über elektrisches Licht und Beleuchtungswesen“ im Wintersemester 1882/83 an der damaligen Technischen Hochschule Berlin-Charlottenburg durch Prof. Vogel zählt das Fachgebiet zu den ältesten seiner Art. Geforscht wird am Fachgebiet sowohl an neuen Konzepten für die Außenbeleuchtung als auch in den Bereichen Innenraumbeleuchtung und Tageslicht. Weiterhin werden physiologische Fragestellungen wie zum Beispiel die nicht visuellen Wirkungen von Licht oder Möglichkeiten des Vertical Farming untersucht.

Eingang zum Gebäude des Fachgebiets Lichttechnik der TU Berlin
© TU Berlin

Dabei werden am Fachgebiet Lichttechnik sowohl Grundlagen- als auch anwendungsorientierte Forschung betrieben. Das Fachgebiet Lichttechnik kooperiert mit zahlreichen Unternehmen und Institutionen innerhalb und außerhalb Deutschlands. Angesichts der Umstellung der städtischen Beleuchtung auf neue Leuchtmittel und des wachsenden Themas der Lichtverschmutzung, liegt ein Schwerpunkt der aktuellen Forschung auf der Entwicklung intelligenter Beleuchtungskonzepte für den öffentlichen Raum.

Als wichtigstes Forschungs- und Demonstrationsinstrument hierfür dient der **LED-Laufsteg**, den das Fachgebiet Lichttechnik der TU Berlin gemeinsam mit dem Deutschen Technikmuseum Berlin und der Berliner Immobilienmanagement GmbH realisiert hat. Die Industrie beteiligt sich über die Bereitstellung unterschiedlichster Leuchten und Lichtsteuerungssysteme.

Auf insgesamt 1.500 Metern Länge wurden zahlreiche LED-Lichtpunkte auf dem Gelände des Deutschen Technikmuseums Berlin auf mehreren Versuchsstrecken installiert. Durch die gezielte Ansteuerung der Lichtpunkte kann die Bedeutung von Lichtqualität, Verkehrssicherheit, Energieeffizienz und deren Abhängigkeiten von Masthöhe, Mastabstand, Bebauung, Lichtverteilung und Lichtfarbe demonstriert und erforscht werden – wegweisend für die Zukunft der städtischen Beleuchtung nicht nur in Berlin.

www.li.tu-berlin.de
www.led-laufsteg.de

Der LED-Laufsteg ermöglicht die Erprobung und Erforschung verschiedener urbaner Beleuchtungsszenarien
© TU Berlin

Zunehmend gewinnen auch die Aspekte Farbtemperatur, Blendung und photobiologische Wirksamkeit von Leuchtquellen an Bedeutung. In diesem Kontext übernimmt das Fachgebiet Lichttechnik der TU Berlin auch Prüfaufgaben für externe Kunden. Dazu gehören sowohl das Messen und Bewerten von Allgemeinbeleuchtung als auch die Charakterisierung licht- oder strahlungstechnischer Sonderlösungen mit normgerechten Messverfahren. Das Fachgebiet Lichttechnik der TU Berlin ist auch Partner der **Professional Lighting Design Convention**, der führenden Konferenz zum Thema Beleuchtungsdesign in der Architektur.

www.pld-c.com

Auch an der **Universität der Künste (UdK)** befasst man sich mit neuen Formen der Beleuchtung. Hier geht es um Licht als Designelement. Am Fachgebiet „Industrial Design – Technologie“ der UdK unter der Leitung von Prof. Holger Neumann spielt die experimentelle Auseinandersetzung mit Licht eine zentrale Rolle. Angeboten werden beispielsweise Seminare zu Licht und Design, Grundlagen des Leuchtendesigns und der Lichttechnik sowie zu Leuchtendesign im Hinblick auf neue Technologien wie LEDs und OLEDs als Lichtquellen. In den Prozess des technisch ausgerichteten Produktdesigns werden Aspekte der Produktentwicklung, Konstruktion und Fertigung sowie der späteren Serienherstellung integriert.

www.design.udk-berlin.de/Prof_Holger_Neumann

Industrie mit Geschichte und Zukunft

Auch die Berliner Beleuchtungsindustrie blickt auf eine große Geschichte zurück: Siemens, AEG und später OSRAM produzierten hier Leuchtmittel (siehe Kapitel 2 „Historie“).

Derzeit befindet sich die Branche im Umbruch, nach dem Verkauf der in **LEDVANCE GmbH** umbenannten Lampensparte der **OSRAM GmbH** an ein chinesisches Konsortium ist die Zukunft des Berliner Werkes unklar.

Im verbliebenen OSRAM-Werk setzt der Konzern auf Anwendungen im automotiven Bereich. So konnte zum Beispiel ein blendfreier Matrix-Autoscheinwerfer mit 1.024 einzeln ansteuerbaren Pixeln in einem vom BMBF geförderten Projekt von Partnern wie OSRAM Speciality Lighting und dem Fraunhofer IZM in Berlin entwickelt werden.

Ein neues Beleuchtungskonzept setzt die Gedächtniskirche in gutes Licht
© Linus Lintner

Für die Zukunft plant OSRAM, in Berlin ein Zentrum für autonomes Fahren aufzubauen.

www.osram.de

Öffentlicher Raum im Licht

Berlin war sowohl bei der allgemeinen Elektrifizierung als auch bei der elektrischen Beleuchtung Vorreiter. Da verwundert es kaum, dass namhafte Designer und Hersteller von Leuchten und Lichtsystemen zu den Aktivposten der Lichttechnik in der Region gehören. Zu den weltweit aktiven Leuchtenherstellern zählt die **Selux AG**, die bis 2012 unter dem Namen Semperlux AG firmierte.

Von originalgetreuen Reproduktionen historischer Vorbilder bis zu extravaganten Formen und Designs für die Außen- und Innenbeleuchtung reicht das Spektrum des Unternehmens. Mit weltweit über 500 Mitarbeitern produziert die Firma in Berlin und Zachow im Havelland Leuchten und gestaltet Konzepte und Designs für öffentliche Räume und Firmengebäude. Zu den neuesten Innovationen gehören LED-Straßenleuchten mit kabellosem Internet und integrierter Ladesäule für Elektrofahrzeuge.

Im Bundeskanzleramt sorgen Selux-Produkte ebenso für Helligkeit wie im Harley-Davidson-Museum in Milwau-

kee, USA. Eine der Stärken von Selux sind historische Rekonstruktionen von Leuchten. So leuchten Hardenberg-Kandelaber von Selux auf dem Kurfürstendamm, Witzleben-Kandelaber in Kreuzberg und im Bereich des Schlosses Charlottenburg. Seit 1998 leuchten wieder Schupmann-Kandelaber vor dem Brandenburger Tor und auf Berlins Prachtboulevard „Unter den Linden“. Übrigens stammt auch der Unternehmensname aus der Berliner Geschichte: 1948 wurde Selux als Semperlux gegründet und produzierte zunächst Batterien, die gegen die Stromsperren der Berlin-Blockade helfen sollten. „Semperlux“ heißt „immer Licht“.

www.selux.com

Auch die **Sill Leuchten GmbH** ist auf ähnlichem Gebiet aktiv und ebenfalls seit über 60 Jahren am Markt. Gegründet als Franz Sill GmbH Lichttechnische Spezialfabrik ist die Firma seit 2013 Teil der Hoffmeister Leuchten GmbH. Leuchten und Strahlersysteme des Unternehmens illuminieren Berliner Ikonen wie das Brandenburger Tor oder die Siegessäule genauso wie den Plenarsaal des Europarates in Straßburg oder die Nelson Mandela Bridge in Johannesburg.

Modernste Reflektortechnologien und intelligentes thermisches Management sorgen für sichere und langlebige Beleuchtungslösungen. In Berlin produziert Sill Leuchten ein breites Spektrum an lichttechnischen Erzeugnissen, unter anderem Hochleistungsscheinwerfer und -strahler, LED-Strahler, Innenraumstrahler, Bodeneinbaustrahler oder Industrieleuchten.

www.sill-lighting.com

Beleuchtung mit Stil

Der wachsende Zustrom an kreativen Köpfen nach Berlin schlägt sich auch in der Lichtbranche nieder. In den letzten Jahren hat sich Berlin zu einer der Design-Hauptstädte weltweit entwickelt. Auch im Bereich des Lichtdesigns sind viele Kreative, Industriedesigner und Lichtplaner tätig und machen Berlin zu einem Zentrum dieser Aktivitäten.

So gehört das Unternehmen **Kardorff Ingenieure Lichtplanung GmbH** aus Berlin zu den europäisch führenden Büros im technischen und gestalterischen Lichtdesign. Hier erarbeiten die Mitarbeiter Beleuchtungskonzepte für Museen, Einkaufszentren, Bars, Bürogebäude und andere öffentliche Orte.

Zu fortgeschrittener Uhrzeit sorgt die Innenraumbeleuchtung in einem Airbus A350 für Entspannung
© Dominik Mentzos/Lufthansa AG

Von Kardorff stammen zum Beispiel die Lichtkonzepte für die Dubai Sports City, das Beijing Automobil Museum oder die Gläserne Manufaktur von VW in Dresden – und nicht zuletzt für das Brandenburger Tor. Ein mithilfe von Drohnen erzeugtes 3D-Modell diente 2017 als Grundlage für das Lichtkonzept des Turms der Gedächtniskirche.

Für die Langstreckenflugzeuge der Lufthansa (Airbus A350 und Boeing 747/8) hat Kardorff eine Kabinenbeleuchtung unter Berücksichtigung chronobiologischer Aspekte umgesetzt. Tageslichtkonzepte optimieren die Qualität im Wohnungsbau und reduzieren den Energieverbrauch in Bürobauten. Für ihre lichtplanerische Arbeit bei der umfassenden Modernisierung des Renzo-Piano-Baus in Berlin-Mitte erhielt das Team von Kardorff Ingenieure Lichtplanung den Deutschen Lichtdesign-Preis in der Kategorie Büro und Verwaltung 2017.

www.kardorff.de

Auch das **Studio Dinnebier** ist spezialisiert auf die Gestaltung von und mit Licht: Die Firma befasst sich mit Lichtplanung und dem Produktdesign von Leuchten. Von der Eisschnelllaufhalle und der türkischen Botschaft in Berlin bis hin zum Palace of Peace and Reconciliation in Astana, Kasachstan, hat das Studio Dinnebier Projekte in Zusammenarbeit mit international renommierten Architekten umgesetzt. Auf der Referenzenliste stehen unter anderem Daniel Libeskind, Norman Foster, Tabanlioglu Architects oder Sunder-Plassmann Architekten.

www.lichtlicht.de

Kardorff und Dinnebier sind nur zwei von vielen renommierten Namen aus der Region Berlin und Brandenburg. So entwirft die **Lichtvision Design GmbH** Beleuchtungskonzepte für das Bauhaus-Museum in Dessau ebenso wie für das Schloss Gottdorf, für das Polizei- & Justizzentrum Zürich oder das Hao Yi Centre im chinesischen Hengqin. Für ihr Beleuchtungskonzept in der Messwarte der Ölraffinerie „PCK" in Schwedt erhielt die Firma den ersten Platz beim Designpreis Brandenburg 2017 in der Kategorie Lichtdesign.

www.lichtvision.de

Zu den Projekten von **Licht Kunst Licht** zählen der Landtag und das Innenministerium des Landes Baden-Württemberg in Stuttgart, das Berliner Kaufhaus KADEWE und das Deutsche Elfenbeinmuseum in Erbach. **L-Plan Lichtplanung** gewann den deutschen Lichtdesign-Preis des Jahres 2017 für das Lichtkonzept für das Hotel Adlon. Sie ist bei modernen Großprojekten wie dem Doha Convention Center ebenso involviert wie bei Kulturbauten: So plante die Firma die Beleuchtung von Christuskirche und Torhaus in Lüdenscheid.

www.lichtkunstlicht.com
www.l-plan.de

Einer der Initiatoren der Berliner Lichterfeste „Berlin leuchtet" und „Festival of Lights" ist Andreas Boehlke, Vorstandsmitglied im Berlin leuchtet e. V. und Geschäftsführer des 70-jährigen Traditionsunternehmens **Hans Boehlke Elektroinstallationen GmbH**. Neben spezieller Eventbeleuchtung, wie zum Beispiel die Ausführung der Weihnachtsbeleuchtung in Berlin, hat das Unternehmen auch 3D- oder 4D-Videomappings & -Fassadenprojektionen sowie -Festinstallationen oder -Shopbeleuchtungen im Angebot.

www.boehlke-beleuchtung.de

Die **Limax Bühnen- und Studiobeleuchtung GmbH** aus Erkner fertigt professionelle Bühnenbeleuchtungsgeräte, die dank der eigenen Werkstatt genau auf die Anforderungen der Kunden zugeschnitten sind. Auch die Leuchten von **SUMOLIGHT** liefern hohe Lichtstärken. Die Leuchten der Firma eignen sich insbesondere für Studioaufnahmen und Filmproduktionen.

www.limax-erkner.de
www.sumolight.com

Start-ups in Berlin und Brandenburg

Berlin hat sich in den vergangenen Jahren einen Namen als Start-up Hub gemacht und auch in den Bereichen Lichttechnik und Lichtdesign zahlreiche Neugründungen hervorgebracht. **volatiles lighting GmbH** entwickelt die ersten intelligenten Beleuchtungsflächen für den Wohnbereich. Kern des Systems sind handtellergroße, quadratische Module, die zu individuellen Beleuchtungsflächen zusammengesetzt werden und statische wie auch dynamische Lichtszenen abspielen. Farben, Muster und Helligkeit lassen sich sowohl durch Berührung als auch per Smartphone-App verändern und personalisieren. Über Schnittstellen zum Smart-Home kommunizieren die Beleuchtungsflächen mit ihrer Umwelt und passen die Beleuchtung auf Wunsch automatisch an. Die Technologie bleibt für den Anwender dabei stets unsichtbar.

www.volatiles.lighting

Little Sun ist ein globales Projekt mit sozialem Geschäftsmodell, gegründet von Olafur Eliasson und Frederik Ottesen. Ziel ist es, sauberes und erschwingliches Licht zu den 1,1 Milliarden Menschen in der Welt zu bringen, die ohne konstante Stromversorgung leben. Das erste Produkt des Unternehmens, die LED-Solarleuchte Little Sun, wird weltweit verkauft. Durch den Verkauf in Regionen mit Stromversorgung können die Leuchten überall dort, wo es keinen Anschluss an das Stromnetz gibt, zu niedrigeren, lokal erschwinglichen Preisen angeboten werden. Damit stellen sie eine saubere Alternative zu giftigen und teuren

Die Potsdamer oSol:e GmbH entwickelt und designt Solarleuchten der Marke .STOOL
© oSol:e GmbH

Lichtquellen auf Basis fossiler Brennstoffe, wie zum Beispiel Kerosinlampen, dar.

www.littlesun.com

Papier zum Leuchten bringt das Berliner Start-up **INURU GmbH**. Dank neuer Druckverfahren lassen sich ultradünne, umweltfreundliche und flexible OLED-Beschichtungen aufbringen.

www.inuru.de

Individuelle Neon-Leuchten sind hingegen das Markenzeichen von **Sygns GmbH**. Der Kunde kann zwischen verschiedenen Editionen wählen oder seine eigene Neon-Schrift gestalten.

www.sygns.de

Das Start-up **Siut GmbH** bringt das Licht mittels Glasfaser in Beton und arbeitet mit der Deutschen Bahn an der digitalen Bahnsteigkante. Aber auch Architekten interessieren sich sehr für die neuen Designmöglichkeiten des Lichtfaserbetons.

www.siut.eu

Intelligente Lösungen für Beleuchtungen mit Solarenergie sind die Spezialität der **oSol:e GmbH** aus Potsdam. Dazu gehören sowohl Leuchten für den Privatbereich als auch Solarmodule für Lastkraftwagen, die die Kühlung oder Bordelektronik mit Strom versorgen. Die **Artrolux GmbH** bietet komplexe Lichtanlangen für Architektur, Industrie und Forschung. Dank intelligenter Steuerung und Dimmung lassen sich auch komplexe Beleuchtungssituationen realisieren.

www.osole.net
www.artrolux.de

LEDs dominieren Leuchtenfertigung

Moderne Lichttechnik ist ohne Leuchtdioden nicht mehr denkbar. LEDs verbinden hohe Haltbarkeit mit Energieeffizienz, langer Lebensdauer und mittlerweile auch großer Spektrenvielfalt.

LEDs, LED-Chips und Fotodioden für alle Arten der industriellen Anwendung produziert die **Epigap Optronic GmbH** in Berlin – als Standardprodukte oder eigens entwickelt nach Kundenspezifikationen. Dabei bietet Epigap High-End-LED-Chips für das komplette Spektrum. Die Firma ist spezialisiert auf die Fertigung kleiner bis mittlerer Stückzahlen nach hohen Qualitätsstandards. Epigap hat sein Profil in den letzten Jahren weiter in Richtung kundenspezifischer Lösungen im Bereich LED-Chips, LEDs und Photodioden geschärft und bedient heute die Märkte industrielle Sensorik, Medizintechnik und Sicherheitstech-

LEDs bieten eine Vielfalt von Möglichkeiten
© Epigap Optronic GmbH

nik. Derzeit verstärkt Epigap seine Kompetenz im Bereich der optoelektronischen Messtechnik. Außerdem fungiert das Unternehmen als Kooperationspartner der **Jenoptik Polymer Systems**, die in Berlin ebenfalls optische Bauelemente fertigt: unter anderem optoelektronische Chips, Leuchtdioden, Fotodioden und Punktstrahler.

www.epigap-optronic.de
www.jenoptik.de

Die Firma **Lumi-Con** hat sich vor allem der Dimmbarkeit von LED-Beleuchtungen verschrieben. Sie entwickelt und produziert eigene Dimmer, Steuergeräte und die dazu passenden hocheffizienten LED-Leuchtkörper und Lampen für den privaten und gewerblichen Einsatz. **TQ Technology** ist Systementwickler in den Bereichen Automobil-, Medizin- und Spezialbeleuchtung. Mit neuesten CAD-Systemen und Simulationssoftware führt die Firma Konzept- oder Machbarkeitsstudien für LED- oder Laserprojekte durch.

www.lumi-con.de
www.tqtechnology.com

Das junge Berliner Unternehmen **FutureLED GmbH** hat sich auf Speziallichtquellen für die Industrie, medizinische Anwendungen und Agrikultur spezialisiert. Das Unternehmen entwickelt und fertigt LED-Lichtquellen und Strahlungsmodule, die im Wellenlängenbereich von 280 nm bis 1.600 nm arbeiten, also nicht nur den sichtbaren, sondern auch den ultravioletten und infraroten Bereich abdecken. Das „Sunlike"-System etwa ist eine LED-Plattform, von der aus Licht in verschiedenen Wellenlängen zwischen 350 nm und 1.100 nm abgegeben werden kann. So lässt sich das Tageslichtspektrum mit möglichst hoher Genauigkeit abbilden. Neben weiteren Anwendungen hat die Firma dabei die Leistungsmessung für Solaranlagen im Blick.

www.futureled.de

Auch **OSA Opto Light GmbH** produziert spezialisierte LED-Chips, -module und -lampen sowohl als Standardprodukt als auch nach Kundenspezifikationen. Das Spektrum reicht vom ultravioletten bis in den Infrarotbereich.

www.osa-opto.com

Für Beleuchtungsergonomie am Arbeitsplatz hingegen sorgt **Easy Lights GmbH** mit Sitz in Dalgow-Döberitz. Dank intelligenter Sensorsteuerung wird eine optimale Ausleuchtung für ermüdungsfreies Arbeiten bereitgestellt.

www.easy-lights.eu

Mawa Design Licht- und Wohnideen GmbH aus Michendorf entwickelt und produziert innovative Leuchten und Lichtsysteme. Mithilfe modernster CNC- und Robotertechnik realisiert die Firma auch individuelle und komplexe Projekte. Ebenfalls auf neue Beleuchtungskonzepte setzen die Designer des Lichtplanungsbüros **leuchtstoff*** aus Cottbus. Deren Leuchten bestehen aus Komponenten, die die Firma gemeinsam mit Unternehmen aus der Region entwickelt.

www.mawa-design.de
www.leuchtstoff.de

Als Komplett-Dienstleister für alle Bereiche der LED-Lichttechnik versteht sich **LIGHT-TOOL**. Für Architekten, Bauherren, Veranstalter und Industrie fertigt das Unternehmen Individualleuchten inklusive benötigter Betriebsgeräte und Steuerungen.

www.light-tool.de

Messlabor für Lichttechnik
© TU Berlin

Messtechnik: Am Puls des Lichts

Für viele industrielle Anwendungen ist eine genaue Kenntnis der verschiedenen physikalischen Parameter der Lichtquellen erforderlich. In der Region Berlin und Brandenburg gibt es deshalb mehrere Firmen und Institute, die sich der Entwicklung von Messtechnik oder der Durchführung lichttechnischer Messungen verschrieben haben.

So hat die **Instrument Systems GmbH**, einer der führenden Hersteller und Anbieter von Lichtmesstechnik in Europa, mit **Optronik** eine eigene Tochterfirma in Berlin. Das Unternehmen bietet das ganze Spektrum der Licht-, Strahlungs- und Farbmesstechnik an und kann bei Bedarf komplette Lichtmesslabore liefern, insbesondere für die Bereiche Automotive und Verkehrswesen.

www.optronik.de

Auch **PRC Krochmann** ist auf dem Gebiet Lichtmesstechnik aktiv – wie der Name des Unternehmens schon sagt, denn „PRC“ steht für Photometrie, Radiometrie und Colorimetrie. PRC Krochmann liefert an Forschungsinstitutionen und industrielle Produzenten wie auch an Planer und Betreiber großer Beleuchtungsanlagen. Das Lieferprogramm umfasst alle Bereiche, in denen Licht, Strahlung und Farbe gemessen werden.

www.prc-krochmann.com

Weitere Anbieter von Lichtmesstechnik mit Sitz in Berlin sind **LMT Lichtmesstechnik GmbH Berlin** sowie **Czibula & Grundmann**. Auch diese beiden liefern das komplette Spektrum an Technik und Software für professionelle Lichtmessungen sowie für Anwendungen in der Mess- und Regeltechnik.

www.lmt-berlin.de
www.photo-meter.de

Der **Optotransmitter-Umweltschutz-Technologie e. V. (OUT e. V.)** ist ein Forschungs- und Entwicklungsdienstleister mit Schwerpunkt Lichttechnik und bietet unter anderem optische Messungen an ebenen Schichten und Oberflächen als technische Dienstleistung an. Dazu gehören wellenlängenabhängige Transmissions-, Absorptions- und Reflexionsmessungen von 0,2 µm (UV) bis 1,25 mm (Terahertz) sowie die Bestimmung der optischen Konstanten. Daneben bietet der OUT e. V. eine Vielzahl lichttechnischer Messungen zu allen relevanten physikalischen Parametern an LEDs und kleinen Strahlungsquellen an.

www.out-ev.de

Die **OLIGO surface controls GmbH** aus Lenzen an der Elbe wiederum ist bekannt für ihre visuellen und digitalen Systeme für hochpräzise Oberflächenkontrolle sowie für Farbabmusterungssysteme (Color Matching) für die Erkennung von Farbunterschieden an Einzelteilen und fertigen

Der OUT e. V. verfügt über ein optisches Labor zur Messung des Lichtstroms, der Farbtemperatur oder auch Abstrahlcharakteristik.
© Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH – Monique Wüstenhagen

Produkten. Weltweit führende Unternehmen aus unterschiedlichen Industriebranchen wie Automobil, Kunststoff, Keramik oder Papierindustrie nutzen die Technik, mit der sich zu jeder Zeit im Produktionsprozess Unebenheiten und kleine Fehler ausbessern lassen.

www.surface-controls.de

Die **ColVisTec AG** – gegründet 2009 in Berlin-Adlershof – entwickelt, produziert und vertreibt: Prozessüberwachungssysteme mit feinauflösenden Spektralphotometern für die Inline-Farbmessung. Die Technologie erlaubt kontinuierliche Messungen direkt im Verarbeitungsprozess an Materialien in flüssiger, pastöser, pulveriger und geschmolzener Form bei Einsatztemperaturen bis 400 °C und bis 345 bar. So ist die Inline-Farbmessung direkt in einem Extruder möglich. Anwendungsgebiete der Inline-Technologie finden sich zum Beispiel in der Kunststoffverarbeitung im Extruder, bei Lacken und Farben, im Lebensmittelbereich oder bei chemischen Reaktionsprozessen.

www.colvistec.de

Von den Grundlagen zur Anwendung

Mehrere Institute kümmern sich um Detailprobleme, die im Zusammenhang mit der Weiterentwicklung von LED-Technik zu klären sind. So forscht das Berliner **Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM** an einer Fülle von Einzelfragen: Man versucht die Wärmeabfuhr von einzelnen und gepackten LEDs zu verbessern, müht sich darum, Leistung, Lebensdauer und Wirkungsgrad zu steigern, sucht nach neuen Standards für Aufbau, Verbindung und Montage und versucht, Produktionsprozesse möglichst effizient zu gestalten. Außerdem arbeitet das IZM an neuartigen optoelektronischen Anwendungen sowie an plasmonischen und 3D-photonischen Systemen.

www.izm.fraunhofer.de

Gemeinsam mit der Berliner Firma **Holoeye Photonics AG** arbeitet das Fraunhofer IZM im Projekt „Photonische Anwendungen für räumliche Licht-Modulatoren (PALM) daran, LCOS-Zellen (Liquid Crystal on Silicon) für das UV- und SWIR-Band zu entwickeln. PALM ist ein ProFIT Projekt und kofinanziert aus EU-Mitteln. Holoeye Photonics ist ein Spezialist für diffraktive optische Elemente und Mikrodisplays.

www.holoeye.com

An den Grundlagen der Lichttechnik arbeiten die Wissenschaftler am **Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP** in Potsdam-Golm: Die Forscher suchen nach neuen Polymermaterialien und Basisprozessen, die sich für LEDs und OLEDs der Zukunft nutzen lassen. Das Spektrum reicht von der Entwicklung von Materialien mit halbleitenden Eigenschaften über chromogene, phototrope bis hin zu leuchtenden Polymeren, die zu OLEDs verarbeitet werden. Auf einer Pilotanlage werden verschiedene Druckverfahren eingesetzt, um organische Solarzellen und OLEDs kostengünstig herzustellen. Dazu hat sich das Fraunhofer IAP mit den in Deutschland führenden Maschinenbauunternehmen auf diesem Gebiet zu der German OLED Technology Alliance (GOTA) zusammengeschlossen.

www.iap.fraunhofer.de

Eines der führenden Institute auf dem Gebiet der Optoelektronik und Mikrowellentechnik ist das **Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik (FBH)**. Unter anderem entwickeln die Forscher am FBH auch neue Nitrid-Laserdioden und UV-Leuchtdioden, insbesondere für den UV-B- und UV-C-Spektralbereich. Die LEDs eignen sich beispielsweise für die Oberflächenbehandlung oder die Pflanzenbeleuchtung.

www.fbh-berlin.de

Das **Joint Lab GaN Optoelectronics** des FBH und der TU Berlin befasst sich mit der Entwicklung innovativer Lichtemitter auf der Basis von Gruppe-III-Nitriden. Das Materialsystem AlN-GaN-InN deckt einen außerordentlich großen Wellenlängenbereich ab, der sich vom fernen Ultraviolett über den ganzen sichtbaren Spektralbereich bis ins nahe Infrarot erstreckt.

www.fbh-berlin.de/forschung/photonik/gan-optoelektronik

UV-B-Modul zur Pflanzenbestrahlung mit verschiedenen LEDs: UV (310 nm), blau (451 nm), rot (660 nm). Die LEDs können separat einstellt werden, um das optimale Licht für gesundheitsfördernde Pflanzenstoffe zu ermitteln (Detailaufnahme: LED)
© FBH/P. Immerz

Das vom FBH angeführte Konsortium **Advanced UV for Life** ist ein Bündnis aus Unternehmen und Forschungseinrichtungen, das sich der Entwicklung und Anwendung von UV-LEDs widmet – mit dem Ziel, die technische Entwicklung, die Verfügbarkeit und den Einsatz von UV-LEDs in breitem Maße voranzubringen. Zentrale Anliegen sind das Ersetzen der momentan noch dominanten quecksilberbasierten Strahler durch UV-LEDs und das Erschließen neuer Anwendungen, zum Beispiel in der Wasserdesinfektion und Entkeimung, Medizin, Sensorik, Pflanzenzucht oder Drucktechnik.

www.advanced-uv.de

Die **UVphotonics NT GmbH** ist die dazugehörige Ausgründung aus dem Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik in Berlin und dem Institut für Festkörperphysik der TU Berlin. UVphotonics entwickelt und vermarktet hocheffiziente und zuverlässige ultraviolette Leuchtdioden (UV-LEDs) als Einzelchips und als voll montierte Bauelemente. Das Produktportfolio deckt die Wellenlängenbereiche UV-B (280 nm – 320 nm) und UV-C (<280 nm) ab. UVphotonics bietet neben den kundenspezifischen UV-LED-Lösungen auch Dienstleistungen und Beratung für die Integration innovativer LED-Systeme in die Produkte seiner Industriekunden an.

www.uvphotonics.de

Kurze Wege und gute Vernetzung

Die vielfältigen lichttechnischen Aktivitäten der Region sind gut organisiert und vernetzt. Die Lichttechnik ist eines von sechs Handlungsfeldern im Berlin Brandenburger Cluster Optik und Photonik. Federführend bei der Entwicklung des Handlungsfeldes mit Prof. Dr.-Ing. Stephan Völker vom Fachgebiet Lichttechnik der TU Berlin als Handlungsfeldsprecher ist der regionale Branchenverband **OpTecBB e. V.**, der unter anderem mit der Berlin Brandenburger Sektion der **Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft (LiTG)** zusammenarbeitet.Gemeinsam werden Erfahrungsaustausch und Workshops organisiert, in denen zum Beispiel innovative Beleuchtungskonzepte durch den Einsatz von LED-Technik thematisiert werden. Auch Forschungseinrichtungen wie OUT e. V., das Fraunhofer IZM oder das Fraunhofer IAP und Unternehmen wie FutureLED oder Selux, organisieren und unterstützen Seminare und Expertengespräche, die von allen Akteuren gut angenommen werden. Die gute Zusammenarbeit ist eine der größten Stärken der Region. Dank der vielfältigen Kompetenzen vor Ort, die sich kein zweites Mal auf so engem Raum wiederfinden, kann sich Berlin immer noch die „Stadt des Lichts“ nennen.

www.optecbb.de
www.litg.de

Ansprechpartner: Prof. Dr.-Ing. Stephan Völker

Handlungsfeldsprecher Lichttechnik

Telefon: 030 31422277
E-Mail: stephan.voelker@tu-berlin.de

4.3 Photonik für Kommunikation und Sensorik – Hightech zur schnellen Datenübertragung

„Für optische Technologien in Kommunikation und Sensorik sind höhere Performance, Miniaturisierung und physikalische Vorteile durch Systemintegration von Optoelektronik und Mikrooptik sowie photonisch integrierten Schaltkreisen (PIC) in Daten- und Telekommunikation, Medizintechnik, Industriesensorik und Biowissenschaften wesentlicher Schwerpunkt des Handlungsfeldes. Ein breites Kompetenzspektrum, erstklassige Forschungsinfrastruktur, kurze Wege und nachhaltige Vernetzung sind wichtige Faktoren für die Attraktivität Berlin Brandenburgs. Der intensive Austausch zwischen Wissenschaft und Wirtschaft ist seit vielen Jahren gelebte Tradition bei den regelmäßigen Treffen der Fachgruppe, bei Projektentwicklungen und Firmenbesuchen in unserem Handlungsfeld Photonik für Kommunikation und Sensorik.“

Dr.-Ing. Henning Schröder | Handlungsfeldsprecher Photonik für Kommunikation und Sensorik, Fraunhofer IZM

Digitalisierung, Industrie 4.0, 5G Mobilfunk, Cloud Computing, Augmented Reality und neue Medienangebote. All diesen Schlagworten ist eines gemeinsam. Sie stehen für die gesellschaftlichen Trends, die den Bedarf nach schneller Datenübertragung speisen. Vor der Industrialisierung waren es die Flüsse, die ein Netzwerk von natürlichen Verkehrswegen boten und erste Siedlungen und später Städte versorgten. Mit der Industrialisierung kamen Schienen- und Straßennetze hinzu. Heute sind schnelle Datenverbindungen die Voraussetzung für den ökonomischen Erfolg eines Landes.

Die Menge an Daten, die weltweit erstellt, vervielfältigt und übertragen wird, soll 2020 bei etwa 40 Zettabytes liegen, der Trend zur Verdoppelung alle 18 Monate ist seit vielen Jahren ungebrochen. Ein Zettabyte hat 21 Nullen und entspricht der Datenmenge von 250 Milliarden DVDs.

Die einzige Technologie, mit der sich diese unvorstellbaren Datenmengen weltweit bewegen lassen, basiert auf Licht, übertragen in einer Glasfaser. Mit Glasfasertechnik kann man es leiten, detektieren, lenken, auffangen und verstärken.

Forschung und Entwicklung in Berlin und Brandenburg fokussieren sich dabei auf die nötigen Komponenten und Technologien: schnelle Laserquellen, die Modulation des Lichtes, die Integration in abgeschlossene Systeme und alles, was an der Schnittstelle zur digitalen Welt benötigt wird. Eine gute Einführung in die Aktivitäten gibt es auch auf YouTube:

www.youtube.com/watch?v=XN7UeTh95jM

Nach wie vor gilt es, die Kapazität der Übertragung zu steigern und Latenzen und Fehlerraten zu reduzieren. Angesichts der großen Verbreitung optischer Übertragungswege kommen aber neue Ziele hinzu. Die Systeme sollen energieeffizienter, leistungsfähiger und robuster werden, denn trotz des immensen Wachstums dürfen weder der Energieverbrauch, noch die Kosten der Datenübertragung steigen.

Berlin und Brandenburg sind in Sachen optischer Datenübertragung sehr gut aufgestellt. Hier finden sich Weltmarktführer, international bedeutende Forschungseinrichtungen und hochinnovative junge Unternehmen. Die Region bietet eine Dichte an Unternehmen und Institutionen auf diesem Gebiet, die nur noch vom Silicon Valley übertroffen wird.

Die optische Sensorik ist diversifiziert und reicht in alle Anwendungsfelder. Miniaturisierung und Systemintegration spielen eine wesentliche Rolle für Sensoren in der Medizintechnik, beim autonomen Fahren oder in der Industrie 4.0. Ein wesentliches Ziel ist es dabei, die Anforderungen an Präzision und Zuverlässigkeit in der Photonik mit Möglichkeiten der Mikrosystemtechnik und Aufbau- und Verbindungstechnik elektronischer Systeme zu verbinden.

Diodenlaser und Photodioden aus Berlin halten internationale Rekorde

Jedes zweite Bit im Internet wird durch Hardware aus Berlin übertragen! 2014 wurde die Frauenhofer-HHI-Ausgründung **u2t Photonics AG** vom Weltmarktführer für optische Komponenten Finisar aufgekauft. Ein Grund dafür war der

kohärente Empfänger, mit dem u2t Photonics eine hohe Marktdurchdringung hatte. Dieser wird für die Langstreckenübertragung optischer Signale in unterozeanischen Glasfaserleitungen verwendet, sodass jedes zweite Bit, das den Atlantik überquert, eines der Empfängermodule von u2t Photonics berührt. Bei der Entwicklung und der Überführung in die Fertigung der Photodetektorchips für die kohärenten Empfängermodule ist das **Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut, HHI** federführend.

Die Trennung von Design- und Herstellungsprozess öffnet neue Anwendungsfelder: Ein entscheidender Durchbruch in der Erschließung neuer Anwendungsfelder für photonisch integrierte Schaltungen (PICs) wurde mit einer neuen Indium-Phosphid-Integrationsplattform geschaffen. Ziel der Plattform ist es, Prototypen zu geringen Kosten zu ermöglichen. Indium-Phosphid ist das Halbleitermaterial, aus dem sich Laser, Detektoren und andere Bauteile für den Bereich der Telekomwellenlängen von 1200 – 1800 nm herstellen lassen. Kunden aus der ganzen Welt entwerfen selbstständig eigene Designs, die sie selbst niemals herstellen könnten. Die Herstellung erfolgt getrennt vom Design im Heinrich-Hertz-Institut. Dabei werden Aufträge verschiedener Kunden auf einem Wafer zusammengefasst und sehr effizient gefertigt. Der Vorteil wird an den Auftraggeber zurückgegeben.

On-Wafer Chipcharakterisierung am Fraunhofer HHI
© Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH – Monique Wüstenhagen

www.hhi.fraunhofer.de

Derartige Strategien werden jedoch nicht nur für InP angewendet. In Berlin werden direktmodulierbare, vertikal emittierende Laserdioden (VCSEL) hergestellt, die mit Übertragungsraten pro Kanal von bis zu 161 Gigabit pro Sekunde bei ihrer Markteinführung zu den schnellsten in der Welt gehörten.

Multi Project Wafer, der nach einem Baukastenprinzip belegt wurde
© Fraunhofer HHI

Die **V-I-Systems GmbH** bietet auf dieser Basis ganze VCSEL-Module zum Einspeisen der Signale, Hochgeschwindigkeits-Photodetektoren für den Empfang sowie einzelne Chips an. Das Unternehmen ist auch in der Lage, Chips und ganze Module dreidimensional zu modellieren und dabei die thermischen, elektrischen und optischen Eigenschaften präzise darzustellen.

www.v-i-systems.com

Lasertechnik im Weltall

Nicht nur bei der Internetversorgung im eigenen Haus bietet die optische Kommunikationstechnik deutliche Vorteile. In den letzten Jahren hat sie auch den Sprung in das Weltall geschafft. So wird zum Beispiel mit einer Laser-Freistrahloptik sowohl zwischen den Satelliten im Weltraum kommuniziert als auch vom Satelliten zur Erde. Marktführer

ist hier die Firma Tesat Spacecom mit Sitz in Backnang. Die Photodetektoren in den von Tesat Spacecom vertriebenen Laser Communication Terminals (LCTs) wurden am Fraunhofer HHI entwickelt und gefertigt. Mittlerweile sind acht Satelliten im Orbit mit den LCTs bestückt und stellen unter anderem im Copernicus-Projekt der ESA die Kommunikation zwischen den Satelliten sicher.

Ein Beispiel ist der ESA-Erdbeobachtungssatellit „Sentinel-1A“. Ausgerüstet mit einem Laserkommunikationsterminal, das Laserdioden-Benches des Berliner **Ferdinand-Braun-Institutes (FBH), Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik** sowie mehrere optische Komponenten und Systeme der **Berliner Glas Gruppe** enthält, kann der Satellit Daten mittels Laser über lange Strecken übertragen – eine Premiere in der Kommunikation von Erdbeobachtungssatelliten.

Geschlossene Leichtgewichtsstrukturen für Spiegel im Weltraumeinsatz
© Berliner Glas Gruppe

Im Jahr 2021 soll der deutsche Kommunikationssatellit „Heinrich Hertz“ seine Arbeit im All aufnehmen. Mehr als 40 deutsche Unternehmen und Organisationen sind an diesem Leuchtturm-Projekt beteiligt. Der Satellit soll voraussichtlich 15 Jahre lang in einer Höhe von rund 36.000 Kilometern im Einsatz sein. Unter den rauen Bedingungen im All ist Qualitätsarbeit gefragt. Für die Kommunikation mit der Erde ist eine Spezialantenne in Entwicklung, die vom Berliner Unternehmen **First Sensor AG** in Kooperation mit der RWTH Aachen und der IMST GmbH in Kamp-Lintfort gebaut wird. First Sensor ist einer der weltweit führenden Anbieter auf dem Gebiet der Sensorik, insbesondere in den Bereichen Industrial, Medical und Mobility. Avalanche-Photodioden des Unternehmens sollen etwa als optische Sensoren für autonome Industriedrohnen dienen. Die Firma mit ihren über 850 Mitarbeitern ist an sechs deutschen Standorten sowie weltweit vertreten.

www.first-sensor.com

Bei der Halbleiterfertigung sind Erfahrung und Präzision gefragt
© First Sensor AG

Weltraumerprobt sind auch die Laserdioden der **eagleyard Photonics GmbH.** Die Tochterfirma der Toptica Photonics AG entwickelt und fertigt in Adlershof (daher der Name) Laserdioden für einen breiten Anwendungsbereich. Neben der Luft- und Raumfahrt zählen Analytik, Automobiltechnik und industrielle Anwendungen zu den Zielmärkten von eagleyard.

www.eagleyard.com

Quantentechnologie – von den Grundlagen bis zur Anwendung

Die Quantentechnologien öffnen auch im Bereich der Kommunikationstechnik neue Horizonte, insbesondere für die Verschlüsselung von Informationen durch verschränkte Photonen. Eine chinesisch-österreichische Kollaboration konnte bereits mithilfe eines Experimentalsatelliten Quantenschlüssel zwischen beiden Ländern austauschen. Auch in Berlin wird an derartigen Techno-

Einzelphotonenquelle für Quantenexperimente
© AG Benson, HU Berlin

logien geforscht. Für zukünftige Quantensysteme spielen hochstabile Halbleiterdioden eine wesentliche Rolle. Das **Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik (FBH)** ist nicht zuletzt im Bereich moderner Quantenkomponenten sehr aktiv. Gemeinsam mit der **Humboldt-Universität zu Berlin** arbeitet man an modernsten Lasertechnologien.

2017 gelang mit ihrer Technik erstmals die Erzeugung eines besonderen Materiezustands – eines sogenannten Bose-Einstein-Kondensats – an Bord einer Höhenforschungsrakete. Mit diesen und weiteren Quantentechnologien sollen quantenoptische Sensoren und andere Komponenten für abhörsichere Kommunikation sowie Quanten-Simulation, quantenunterstützte Bildgebung sowie Spektroskopie erforscht werden. Für die quantenoptischen Anwendungen sind kohärente Strahlungsquellen von besonderer Bedeutung, für Weltraumtechnologien darüber hinaus Robustheit und Ausfallsicherheit. Das FBH ist hier aktiv von der Entwicklung spezieller Laserchips über die hybride Mikrointegration bis hin zur Begleitung in die Anwendung.

www.fbh-berlin.de

Die **Arbeitsgruppe Nano-Optik** von Prof. Oliver Benson an der **Humboldt-Universität zu Berlin** beschäftigt sich mit den Grundlagen der Licht-Materie-Wechselwirkung. Einerseits untersucht man Quantenemitter in Festkörpern, die einzelne Photonen erzeugen oder miteinander austauschen. So lassen sich Aussagen der Quantenphysik mit der enormen Präzision optischer Methoden überprüfen. Besonders wichtige Phänomene sind die Verschränkung, der Welle-Teilchen-Dualismus oder andere Quantenparadoxa wie der Quanten-Zeno-Effekt.

Auf der anderen Seite arbeitet die Gruppe an neuen Quantentechnologien, wie einzelnen Quantenlichtquellen an Rastersonden für die hochauflösende Spektroskopie und Mikroskopie. Weiterhin wurden Photonenquellen und Algorithmen für eine prinzipiell abhörsichere optische Datenübertragung (Quantenkryptographie) entwickelt. Zusammen mit lokalen Partnern aus Universitäten, Forschungseinrichtungen und Industrie wurden diese neuen Ansätze bereits in Teststrecken und Demonstratoren implementiert.

www.physik.hu-berlin.de/de/nano

Am **Institut für Festkörperphysik der Technischen Universität Berlin** entwickelt und erforscht die **Arbeitsgruppe Optoelektronik und Quantenbauelemente** von Prof. Stephan Reitzenstein nanophotonische Bauelemente auf Basis von Halbeiter-Heterostrukturen. Ein Schwerpunkt der Arbeiten bildet die Studie und gezielte Anwendung der Licht-Materie-Wechselwirkung im quantenoptischen Regime, die neuartige Funktionalitäten in Quantenbaueleme-

Experiment zur Messung des Quanten-Zeno-Effekts
© AG Benson, HU Berlin

Element aus einem integrierten quantenoptischen Chip
© TU Berlin/AG Optoelektronik

menten ermöglicht. Ein Beispiel ist die Entwicklung von Einzelphotonenquellen für die Quantenkryptographie. Hierzu werden mittels der in der Arbeitsgruppe eigens entwickelten und weltweit einzigartigen In-situ-Elektronenstrahllithographie einzelne Halbleiterquantenpunkte in nanophotonische Strukturen integriert und bezüglich ihrer Emissionseigenschaften optimiert. Weitere Arbeiten zielen auf die integrierte Quantenphotonik und auf ultimative Mikro- und Nanolaser mit verschwindender Laserschwelle ab. Letztere sind nicht nur aus Sicht der Grundlagenphysik sehr interessant, sondern können auch als nanophotonische Hardwarekomponenten im Bereich des neuromorphen Rechnens Einsatz finden.

www.ifkp.tu-berlin.de/menue/arbeitsgruppen/ag_reitzenstein

Neue Modulationsverfahren steigern Übertragungskapazität in Glasfasernetzen

Auch bei optischen Datennetzen gilt nicht immer die Devise: „Viel hilft viel“. Am Fraunhofer HHI werden bestehende Datenverbindungen zwischen Kontinenten analysiert und im Labor nachgebildet. Wurde früher das Licht in der Faser lediglich schnell an und ausgeschaltet und mit jedem Puls ein Bit übertragen, werden heute unter Nutzung von Phasen- und Amplitudenmodulation vier Bit und mehr in der gleichen Zeit übertragen. In der Praxis muss dabei oft ein Kompromiss aus schneller Datenübertragung und geringen Kosten gefunden werden. An den robusten, schnellen Verfahren des Fraunhofer HHI besteht weltweit Interesse – kann doch die Installation eines neuen interkontinentalen Unterseekabels schnell mit Kosten von mehr als einer Milliarde Euro verbunden sein.

Firmen und Institute arbeiten jedoch auch daran, Quantentechnologien auf der Erde anwendbar zu machen. Im Bereich der Kommunikation ist es insbesondere die Quantenkryptographie. Hier wird an Konzepten gearbeitet, effiziente Repeater zu ermöglichen.

Wichtige Pionierarbeit auf dem Gebiet moderner Faseroptiken leistet der Technologieverbund **PolyPhotonics Berlin.** Elf Unternehmen und drei Forschungseinrichtungen aus der Region Berlin Brandenburg haben sich in diesem regionalen Kompetenznetz zusammengeschlossen, um optische Komponenten auf Polymerbasis zu entwickeln. Im Zentrum steht ein hybrid-optischer „Baukasten“ als Technologieplattform, auf dessen Basis sich unterschiedliche Baugruppen flexibel und modular konstruieren lassen. Der zentrale Chip mit optischen Wellenleitern aus Polymermaterial kann weitere passive Elemente wie Glasfasern, Dünnschichtfilter oder Mikrooptiken sowie aktive Bauelemente wie Fotodioden oder Laserchips aufnehmen. Die verschiedenen Projektpartner bringen ihre jeweilige Expertise ein, sodass sich die Plattform sowohl in den Bereichen Telecom und Datacom sowie in der Analytik und Sensorik nutzen lässt.

www.polyphotonics-berlin.de

Ebenfalls in Berlin vertreten ist **ADVA Optical Networking SE**. Das Telekommunikationsunternehmen hat in den letzten Jahren starke Zuwachsraten verzeichnet und gehört auf dem DCI-Markt (Data Center Interconnect) zu

Optische Flexline
© Fraunhofer HHI

den führenden Anbietern in den Kategorien „Metro ICP/CNP“ (Internet Content Provider/Carrier Neutral Provider) und „Enterprise“. Mit ADVA FSP 3000 CloudConnect hat man auf dem Gebiet des schnellen Datenverkehrs eine Lösung im Angebot, die weniger Stellfläche und Energie als vergleichbare Technologien benötigt.

www.advaoptical.com

Plattform für PolyPhotonics
© Fraunhofer HHI

Faseroptik ist weiterhin innovativ

Optische Fasern sind nicht nur Übertragungselemente für digitale, analoge oder spektrale Information, sie können auch selbst zum Sensorelement werden. Des Weiteren können sie als Sonden oder Applikatoren für die Chirurgie oder die photodynamische Therapie verwendet werden. Näheres finden Sie in den Kapiteln 4.1 „Lasertechnik“, 4.4 „Optische Analytik“, 4.5 „Biomedizinische Optik und Augenoptik“ und 4.6 „Mikrosystemtechnik“.

Auf ihrer Webseite wirbt die Firma **CORNING Inc.** damit, dass nach der Stein-, Bronze- und Eisenzeit nunmehr die Glaszeit begonnen hat. Und da spielt der Weltkonzern ganz sicher eine bedeutende Rolle. In Berlin hat die **Corning Optical Communications GmbH & Co. KG** Niederlassungen in Mitte und Adlershof. In der ersten Niederlassung wird die Sparte Komplett-, Glasfaser- und Kupferproduktlösungen für Telekommunikations- und Datennetzwerke in Europa, Afrika und Nah- und Mittelost gesteuert. In Adlershof betreibt das Unternehmen ein Forschungs- und Entwicklungszentrum für innovative Produkte der Telekommunikationstechnik.

www.corning.com

Große Namen vereint auch die Firma **Coriant** in ihren Genen: Sie ist hervorgegangen aus der Vereinigung von Nokia Siemens Networks (NSN) Optical Networks, Tellabs, und Sycamore Networks. In Berlin ist Coriant mit einem Produktionsstandort vertreten. Das Unternehmen verkauft Hard- und Softwarekomponenten für die optische Übertragung im Kernnetz (Backbone) von Sprach-, Daten- und Mobilfunknetzen für optisches Dichte-Wellenlängen-Multiplexing (DWDM) über Glasfaserleitungen, für das elektrische Verschalten optischer Pfade und für „multi service provisioning“. Für das Management und die Planung dieser optischen Netzkomponenten werden TNMS (englisch telecommunication network management system) und Transnet/Transconnect (Netzwerkplanung) angeboten.

www.coriant.com

Das Fraunhofer HHI Spin-off **u2t Photonics AG** gehört seit wenigen Jahren zum Weltkonzern **Finisar Germany GmbH**. Finisar, mit Hauptsitz in Kalifornien, ist einer der Hauptanbieter für faseroptische Systeme und Datenkommunikation. Die herausragende Indium-Phosphid-Technologie der 100G-Hochgeschwindigkeits-Receiver und Photodetektoren von u2t Photonics haben sich als wichtige Investition für das global aufgestellte Finisar erwiesen. Der Berliner Standort spielt auch weiterhin eine entscheidende Rolle für die Entwicklung moderner Komponenten, die auf 100/200G- und 400/600G-Anwendungen zielen und bis zu 64GBd Datenrate erreichen und für den flüssigen kontinentalen und interkontinentalen Datenverkehr durch unterirdische und Unterseekabel sorgen.

www.finisar.com

Auch Unternehmen, die Glasfasern und Lichtleiter konfektionieren, sind in der Region angesiedelt. Zum Beispiel **FOC-fibre optical components GmbH**, de-

ren Faserkoppel- und Spleißtechnik weltweit eingesetzt wird. FOC entwickelt und produziert passive optische Komponenten, die in den Bereichen Datenübertragung, Telekommunikation, Industriesteuerung, Sensortechnik, Laser- sowie Medizintechnik zum Einsatz kommen. Die **FCC FibreCableConnect GmbH** hingegen hat sich auf optische Faserkabel für Laserstrahlübertragung spezialisiert. Die Kabel transportieren bis zu 1 kW Laserleistung und kommen sowohl bei industriellen als auch bei medizinischen Anwendungen zum Einsatz. Darüber hinaus führt FCC Faserbündel, Sonden für Spektroskopie und optische Faserkoppler im Portfolio.

www.foc-fo.de
www.fibrecableconnect.de

Messtechnik

Die 1983 gegründete **SHF Communication Technologies AG** entwickelt, fertigt und vertreibt Komponenten und Messgeräte für die Datenübertragung im Hochgeschwindigkeitsbereich. Diese Komponenten und Messgeräte werden häufig in der Kommunikationsindustrie, insbesondere von Unternehmen der Telekommunikation, Netzwerkausrüstern sowie Forschungseinrichtungen eingesetzt. Die Produkte von SHF dienen dabei in erster Linie der Erhöhung der Datenübertragungskapazität von optischen Netzen. Aufgrund des besonderen Know-hows im Bereich der Hochgeschwindigkeitsdatenübertragung ist SHF in diesem Bereich einer der weltweit führenden Hersteller. Die wachsende Nachfrage nach schnellen optoelektronischen Komponenten und Messgeräten wird durch die folgenden Produktsegmente bedient: Bit Pattern Generatoren & Error Analyzer für Datenraten bis über 100 Gb/s, optische Sender und Empfänger für Datenraten bis über 128 Gb/s, Treiberverstärker für optische Modulatoren und passive Bauteile für die Hochfrequenztechnik.

Polyboard 1x1 Struktur mit lilix® Reflektor
© FOC – fibre optical components GmbH

www.shf.de

Mit der **Tektronix GmbH** ist ein weiterer Spezialist für Messtechnik, Sensorik und Hochgeschwindigkeits-Kommunikation in Berlin vertreten. Die Firma entwickelt und fertigt Test- und Messlösungen für komplexe Aufgaben, unter anderem in den Bereichen Gesundheit, Kommunikation, Mobilität und Raumfahrt. Sie ist mit Niederlassungen in 21 Ländern vertreten und bietet ein breites Portfolio, zu dem Leistungs- und Energieeffizienz ebenso gehören wie 3D-Sensorik, Halbleiterentwicklung und leitungsgebundene Kommunikation.

https://de.tek.com

Photonische Systemintegration macht aus den Bauelementen komplexe Systeme

Optische Datenübertragung und Sensorik bestehen nicht nur aus Sendern und Empfängern. In optoelektronischen und photonischen Modulen mit Sender und Empfänger, Modulatoren, Verstärker, Schalter oder Weichen sind, neben elektronischen Bauelementen, Lichtquellen (Kantenemitter-Laser, VCSEL oder LEDs), Detektoren, aber auch passive Elemente wie Linsen, optische Fasern, Filter und Polarisatoren integriert. Solche Module sind wesentlich komplexer als rein elektronische Module und werden heute daher noch vorwiegend manuell aufgebaut und justiert.

Ein Beispiel dafür ist die Herstellung von Mikroresonatoren sehr hoher Güte aus optischen Glasfasern. Hier gibt es aktuell sehr aussichtsreiche Arbeiten am **Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration**

Optisches Tranceiver-Modul für Datencenter-Verbindungen
© Sicoya GmbH

IZM, die neben der Herstellung auch auf das Packaging dieser hochempfindlichen Komponenten zielen. Viele Aktivitäten des Fraunhofer IZM (wie zum Beispiel das PhoxLab) werden im Kapitel 4.6 „Mikrosystemtechnik“ des Clusterreports ausführlich dargestellt.

Das Fraunhofer IZM entwickelt für die Aufbau- und Verbindungstechnik standardisierte Methoden und Verfahren, die für eine Automatisierung geeignet sind und die Fertigungskosten drastisch senken. Ein Beispiel sind elektro-optische Interposer und Leiterplatten auf Basis von Displayglas, in die optische Wellenleiter integriert werden. Diese finden Anwendung in Datencentern und auch für sensorische Integrationsplattformen.

www.izm.fraunhofer.de

Eine der größten Herausforderungen beim stetigen Wachstum des Datenverkehrs sind der Energieverbrauch und hohe Datenraten. Eine Lösung hierfür bietet die Berliner Firma **Sicoya GmbH**, die kostengünstige, energieeffiziente und skalierbare optische Transceiverchips anbietet. Das Technologieunternehmen hat zahlreiche Preise gewonnen unter anderem den „Innovationspreis Berlin-Brandenburg“, den „Start Up Energy Transition Award“ und den „Deep Tech Award“.

Das 2015 aus der TU Berlin ausgegründete Unternehmen kann auf nunmehr zehn Jahre Forschungs- und Entwicklungsarbeit auf dem Gebiet der Siliziumphotonik zurückblicken. Mit dieser disruptiven Technologie können optische Verbindungen für die Datencenter der nächsten Generation realisiert werden, die nicht nur durch die Reduktion des Energieverbrauchs, sondern auch durch geringere Kosten und hohe Skalierbarkeit brillieren. Sicoyas besondere Lösung liegt in der Kointegration ultra-schneller elektronischer Bi-CMOS-Schaltungen für Treiber und Verstärker mit photonischen Elementen auf ein und demselben Chip. Dieser Integrationssprung überträgt sich direkt in eine höhere Energieeffizienz der Elektronik und der Nutzung des Lichtes aus der Laserquelle, wodurch eine herausragende Performance bezüglich Energieverbrauch, Zuverlässigkeit und Signalintegrität erreicht wird. Die Chips werden als OEM-Produkt oder in einem Package mit optischen Schnittstellen als Transceiver-Module weltweit vertrieben.

www.sicoya.com/de

In diesem Jahr konnte das Start-up eine Serie-B-Finanzierung von renommierten und internationalen Investoren einwerben. Mit diesen Ressourcen wird der Ramp-up von vielen Tausend Transceiver-Modulen je Monat ermöglicht, sodass die Vision von Sicoya von schnelleren und energieeffizienten Datentransfers verwirklicht werden kann.

Auch in der Industrie beschäftigen sich zahlreiche Unternehmen mit der integrierten und Mikrooptik. So versteht sich etwa die **AEMtec** in Berlin-Adlershof auf die Entwicklung, Qualifikation, Industrialisierung und Produktion mikro- und optoelektronischer Module bis hin zu kompletten Systemen. Unter Verwendung von High-End-Technologien wie UBM, Solder Balling, Stud Bumping, Chip on Board, Flip Chip und Opto-Packaging werden hochkomplexe elektronische Baugruppen (Optical Assemblies, Micro-Optics, Imaging Arrays, VCSEL Assemblies, Sensor Systems, Optical MEMs, Hybrid Electronic Assemblies) mit präziser Bestückung auf den Mikrometer genau hergestellt.

www.aemtec.de

Hochkomplexe Baugruppe
aus Mikrospiegeln
© AEMtec GmbH

Ein Champion auf dem Gebiet der Simulation und Berechnung optoelektronischer Systeme ist die **VPIphotonics GmbH** mit Hauptsitz in Berlin. Sie bietet professionelle Simulationssoftware zum Design von aktiven und passiven Komponenten, faseroptischen Anwendungen, optischen Kommunikationssystemen sowie zur kostenoptimierten Netzplanung an. Darüber hinaus berät ihr Expertenteam, geht auf kundenspezifische Design- und Konfigurationsanforderungen ein und bietet Schulungen zu adäquaten Modellierungstechniken und erweiterten Softwarefunktionen an.

www.vpiphotonics.com

H-Feld eines gekrümmten Wellenleiters, berechnet mit VPImodeDesigner
© VPIphotonics GmbH

Optischer Transceiver auf Basis eines 2,5-D-Interposers aus Glas mit optoelektronischen Bauelementen und Mikrolinsen
© Fraunhofer IZM

Vom theoretischen Modell eines Opto-Halbleiters aus der Hand eines Festkörper-Physikers bis zum Ingenieurssupport für die Fertigung. Und vom Optochip über die Aufbau- und Verbindungstechnik bis zu kompletten optischen Systemen – Berlin Brandenburg kann in Sachen optischer Datenübertragung und Sensorik das ganze Spektrum bieten. In der Region ist ein tragfähiges Netzwerk entstanden, das für fast alle Herausforderungen eine Lösung finden kann.

Ansprechpartner: Dr.-Ing. Henning Schröder

Handlungsfeldsprecher Photonik für Kommunikation und Sensorik

Telefon: 030 46403-277
E-Mail: henning.schroeder@izm.fraunhofer.de

4.4 Optische Analytik – Analysewerkzeuge für vielfältige Anwendungsbereiche in der Photonik

Der Mensch nimmt den größten Teil seiner Welt mit den Augen wahr und nicht viel anders sieht es in der Technik aus: Optische Verfahren zur Erfassung verschiedenster Größen spielen eine dominante Rolle. Mit der zunehmenden Digitalisierung vieler Produktionsprozesse im Rahmen von Industrie 4.0 übernimmt die Sensortechnik allerdings eine noch wichtigere Rolle als bislang schon. Optische Sensoren sind meist kontaktlos, schnell, und sie liefern elektrische Signale, die sich einfach verarbeiten lassen. Entsprechend groß ist die Vielfalt optischer Sensoren und Messverfahren.

Während unser Auge nur einen kleinen Teil des elektromagnetischen Spektrums wahrnimmt, gibt es optische Sensoren für unterschiedlichste Wellenlängen: von der Röntgenstrahlung über Ultraviolett und sichtbare Bereiche bis zum Infrarot und schließlich zur Terahertzstrahlung. So vielfältig wie die möglichen Wellenlängen sind auch die Anwendungsgebiete in der Mess- und Analysetechnik. Sie reichen vom Mikroskop im Labor über Sicherheitstechnik am Flughafen bis zu wissenschaftlichen Großgeräten wie BESSY II in Berlin Adlershof.

Röntgenstrahlung zum Beispiel durchdringt die meisten Materialien und wird sowohl in der Medizin als auch in der Werkstoffanalyse und in der zerstörungsfreien Untersuchung von Bauteilen genutzt. Gleichzeitig ermöglicht sie mit ihrer hohen räumlichen Auflösung den Blick in die Nanowelt.

Die Anregung mit ultravioletter Strahlung führt bei den meisten biologischen Materialien zur Eigenfluoreszenz. Aus der spektroskopischen Analyse dieser Eigenfluoreszenz können Rückschlüsse auf die Zusammensetzung des biologischen Materials gewonnen werden.

Die Anwendungen sichtbaren Lichts sind extrem vielfältig. Die Ergebnisse sind meist mit bloßem Auge zugänglich. Aber dank hochentwickelter Sensoren können hier auch Messgeräte Aufgaben wie das Überwachen von Produktionsprozessen übernehmen und den Menschen von einer ermüdenden Tätigkeit befreien. Optische Sensoren helfen beim Zählen, bei einfachen und komplexen Längenmessaufgaben und bei der Farbmessung – um nur einige Beispiele zu nennen.

Die Anwendung infraroter Strahlung nutzt oft den Effekt, dass diese Strahlung für unsere Augen nicht sichtbar und in weiten Grenzen auch nicht schädlich ist. Wenn in Zukunft autonome Fahrzeuge unsere Straßen erobern, werden sie ihre Umgebung mit IR-Sensoren erfassen. Infrarote Strahlung kann aber auch wichtige Informationen über unsere Umwelt liefern, wie zum Beispiel über die Wärmeabstrahlung von Gebäuden. Mithilfe einer Infrarotkamera kann dann zum Beispiel die Dämmwirkung einer Fassade untersucht werden.

Ein neues Gebiet der optischen Analytik ergibt sich durch die Entwicklung von Quellen und Sensoren für Terahertzstrahlung. Manch einem sind die entsprechenden Geräte schon bei der Sicherheitskontrolle auf dem Flughafen aufgefallen, wo sie die konventionellen Röntgengeräte ersetzen sollen.

„Das Handlungsfeld Optische Analytik ist in Berlin und Brandenburg in Forschung und Industrie fest verankert. Hier bieten sich vielfältige Möglichkeiten für moderne Unternehmen, um neue Verfahren und Produkte zu entwickeln, die im globalen Wettbewerb Bestand haben. Optische Analytik ist wichtig für Prozessentwicklung sowie für die Realisierung von Smart Factory und Industrie 4.0.“

Prof. Dr. Birgit Kanngießer | Handlungsfeldsprecherin Optische Analytik, TU Berlin
Prof. Dr. Norbert Esser | Handlungsfeldsprecher Optische Analytik, ISAS e.V.

Direkten Zugriff auf die Strahlung von BESSY II hat EMIL, das Energy Materials In-situ Laboratory
© HZB/Ingo Kniest

UV- und Röntgentechnologien

UV- und Röntgentechnologien erweitern den Anwendungsbereich der optischen Analytik zu kleinsten räumlichen und zeitlichen Dimensionen. Sie machen Nanostrukturen sichtbar, genauso wie ultraschnell ablaufende Prozesse. Damit ermöglichen sie deutliche Fortschritte in so wichtigen Gebieten wie der Medizintechnik oder Nanotechnologien.

In der Region Berlin Brandenburg hat die Röntgenanalytik eine lange Tradition. Einige der ersten Röntgenröhren, mit denen Wilhelm Conrad Röntgen nach 1895 experimentierte, wurden in Berlin von Reinhold Burger gefertigt.

Heute besitzen Berlin und Brandenburg in diesem Bereich einmaliges Potenzial sowie eine international herausragende Stellung. Die Region bildet in gleichmäßiger Breite die gesamte Wertschöpfungskette ab, von der Grundlagenforschung bis hin zur Produktentwicklung in innovativen Unternehmen.

Röntgenanalytik für Medizintechnik und Materialanalytik

Bei der Entwicklung der Röntgenanalytik werden heute viele Verfahren von der Forschung in die Industrie überführt. Konkret zeigt sich das an der Übertragung von Verfahren und Systemen vom Synchrotron in eine normale Laborumgebung.

Ein Schwerpunkt sind dabei bildgebende Verfahren, wie Tomographie, Röntgenmikroskopie, aber auch Holographie oder kohärente Diffraktion. Getrieben wird die Entwicklung von der Medizintechnik und materialwissenschaftlichen Fragestellungen. Dafür bestehen in der Region einmalige Kompetenzen. Ein Beispiel ist die Technik, um die Tiefenschichten der berühmten Qumran-Schriftrollen vom Toten Meer zerstörungsfrei zu untersuchen. Das geschah mit einer von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der TU Berlin entwickelten 3D-Mikro-Röntgenfluoreszanalyse. Aus den Anforderungen der Zukunftstechnologien ergeben sich Arbeitsschwerpunkte für Forscher und Entwickler in der Region. Dazu gehören Röntgenröhren; Röntgenoptiken und Röntgenkapillaroptiken, speziell HOPG-Optiken (highly oriented pyrolytic graphite) sowie Bragg-Fresnel-Linsen und leistungsfähigere Röntgenhalbleiterdetektoren laserbasierte Röntgenquellen für den weichen und mittleren Röntgenbereich, speziell für Pulse im Femto- bis Nanosekundenbereich sowie Methoden der chemischen Speziation, die unabhängig von Synchrotrons und Großgeräten sind.

Forschungseinrichtungen und Unternehmen in Berlin Brandenburg wird die Arbeit so schnell nicht ausgehen. Jeder Forschungsschritt in der Materialanalytik bringt auch andere Technologien voran. Vor allem dann, wenn es um die Auflösung von kleinen und kleinsten Strukturen geht. Denn UV- und Röntgenlicht ist das Licht der Mikro- und Nanotechnologien – und damit eines ihrer wichtigsten Werkzeuge.

International einmalige Forschungsmöglichkeiten

Die Region Berlin und Brandenburg bietet eine ausgezeichnete Forschungsinfrastruktur mit einer engen Industrieanbindung. Das **Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie (HZB)** ist ein Beispiel dafür. Das HZB betreibt in Berlin-Wannsee und in Berlin-Adlershof einzigartige Laboratorien und Großgeräte für die Forschung an Energiematerialien. Dazu zählen Solarzellen der nächsten und übernächsten Generation, künftige IT-Materialien (Spintronik) oder auch katalytisch aktive Materialsysteme, die mit Sonnenlicht Wasser spalten und solare Brennstoffe erzeugen (künstliche Photosynthese).

Der **Berliner Elektronenspeicherring BESSY II** in Berlin-Adlershof stellt an fast 50 Strahlrohren brillante Synchrotronlichtpulse für die Forschung bereit, insbesondere im weichen Röntgenbereich. Auch externe Gäste aus Forschung und Industrie können Messzeit an BESSY II beantragen. Dabei entwickeln HZB-Expertenteams die Instrumentierung stetig weiter und arbeiten an neuen röntgenoptischen Komponenten (**HZB-Institut für Nanometeroptik und Technologie**).

www.helmholtz-berlin.de/angebote/tt-industrie/index_de.html

Das **Energy Materials In-Situ Laboratory EMIL** ist direkt an BESSY II angeschlossen. Es beheimatet SISSY, das Energie Material Forschungslabor des HZB und CAT, das

Katalyse-Labor für nachhaltige Energieversorgung des Fritz-Haber-Instituts der Max-Planck-Gesellschaft sowie die Beamline PINK für Röntgenemissionsstudien, die vom Max-Planck-Institut für Chemische Energiekonversion betrieben wird.

www.helmholtz-berlin.de/quellen/corelabs/emil/index_de.html

Die **Abteilung Nanometeroptik und Technologie am HZB** wurde 2010 aus der früheren BESSY Optics Group und dem Anwenderzentrum Mikrotechnik (AZM) gebildet. Sie vereint die international anerkannte Expertise des HZB in Konstruktion, Fertigung und Vermessung von Optik für kurze Wellenlängen.

www.helmholtz-berlin.de/forschung/oe/fg/nanometeroptik/index_en.html

In diesem optischen Zonenschmelzofen entstehen große Einkristalle
© M. Setzpfandt/HZB

www.helmholtz-berlin.de/quellen/corelabs/quantum-materials/index_de.html

Das **CoreLab für Quantenmaterialien** stellt eine Reihe von Methoden und Instrumenten für die Synthese und die Untersuchung neuer Quantensysteme für die Energie- und Informationstechnik zur Verfügung. Die Instrumentierung ist breit anwendbar – auch für viele andere Substanzklassen und Fragestellungen. Das CoreLab macht die Instrumente allen HZB-Wissenschaftlern, externen Wissenschaftlern und kommerziellen Nutzern zugänglich.

Verbunden mit dem HZB ist die **Arbeitsgruppe Ultrafast Dynamics in Condensed Matter der Universität Potsdam**. Im Fokus der Forschung stehen hier die elektronischen Eigenschaften von Materialien, die sich unter anderem in besonderen Eigenschaften wie Ferroelektrizität, optischer Absorption sowie der kohärenten Mischung elektromagnetischer Wellen ausdrücken. Ebenfalls an der Universität Potsdam befindet sich das Labor für **Elektronen-Mikrosonden-Analytik (EMPA)**. Damit lässt sich die chemische Beschaffenheit von Mineralien und Gläsern im Mikrometerbereich zerstörungsfrei untersuchen. Mithilfe von Röntgenstrahlung ist die Anfertigung von Konzentrationskarten einzelner Elemente möglich.

www.udkm.physik.uni-potsdam.de/research-interests
www.geo.uni-potsdam.de/elektronik-mikrosonde.html

Am südöstlichen Stadtrand Berlins befindet sich das **DESY Zeuthen**, eine Zweigstelle des Deutschen Elektron-Synchrotrons in Hamburg. Die Wissenschaftler am Standort sind nicht nur an zahlreichen internationalen astrophysikalischen Projekten beteiligt. In Zeuthen findet auch die Entwicklung wichtiger Komponenten für den Hauptstandort des DESY statt. Die neue Röngtenlichtquelle European XFEL in Hamburg bietet weltweit einzigartige Forschungsbedingungen zur Analyse von physikalischen, chemischen und biologischen Prozessen in höchster räumlicher und zeitlicher Auflösung.

www.desy.de/ueber_desy/organisation/zeuthen/index_ger.html

In der **Arbeitsgruppe Analytische Röntgenphysik an der TU Berlin** (Prof. Birgit Kanngießer) am Campus Charlottenburg werden Methoden der Röntgenspektroskopie für Anwendungen in den Lebenswissenschaften und in der Materialwissenschaft untersucht und weiterentwickelt. So wird zum Beispiel die Bestimmung chemischer Verbindungen und Oxidationsstufen mit Röntgen-Emissions- (XES) und Absorptionsverfahren (XAFS) ermöglicht. Hierbei zielt die Forschung vor allem darauf ab, etablierte Verfahren vom Synchrotron in ein normales Labor zu holen und somit einer breiteren Nutzung zugänglich zu machen.

Ein anderer Schwerpunkt in der AG Kanngießer ist die Röntgenmikroskopie. Dabei hilft die kurze Wellenlänge der Röntgenstrahlung, besonders hohe Auflösungen zu erzielen. In Kooperation mit der Hochschule Remagen wurde dafür ein System mit einer räumlichen Auflösung unter 30 nm am

Hamburger Synchrotron PETRA III aufgebaut. Das System ermöglicht spektroskopische und tomographische Messungen. Neben materialwissenschaftlichen Forschungen werden in einem gemeinsamen Projekt mit der Charité auch biomedizinische Proben in vitro auf Zellebene untersucht.

www.axp.tu-berlin.de/ag_kanngiesser

Diatom (Kieselalge), aufgenommen mit dem Röntgenmikroskop LTXM (Laboratory Transmission X-ray Microscope) der TU Berlin
© TU Berlin

Am **Max-Born-Institut für Nichtlineare Optik und Kurzzeitspektroskopie (MBI)** liegt ein wesentlicher Schwerpunkt auf der Erforschung besonders kurzer Pulse. Die kürzesten derzeit experimentell zugänglichen Pulse liegen im Attosekundenbereich. Das ist wesentlich kürzer als eine Schwingung sichtbaren Lichts dauert. Dementsprechend lassen sich solche Pulse nur bei wesentlich kürzeren Wellenlängen generieren, typischerweise durch die „Erzeugung hoher Harmonischer“ (engl. high-order harmonic generation HHG). Die Forscher am MBI nutzen solche Pulse im EUV bzw. Röntgenbereich zur Erforschung der Struktur- und zeitabhängigen Dynamik von Elektronen in Atomen, Molekülen und Festkörpern. Dafür werden verschiedene spektroskopische Methoden bis hin zur Röntgenholografie erforscht.

www.mbi-berlin.de

Gemeinsam mit der TU Berlin betreibt das MBI das **Berlin Laboratory for innovative X-ray Technologies (BLiX)**. Zur Ausrüstung gehört das BLiX-Röntgenmikroskop mit einer hochbrillanten Laserplasmaquelle. Damit lassen sich unter anderem zeitaufgelöste und Einzelschuss- (NEXAFS) Messungen im Bereich bis 1 keV machen.

Angesiedelt ist das BLiX am Stiftungslehrstuhl für Analytische Röntgenphysik von Professorin Birgit Kanngießer. Ziel der technischen Entwicklung ist auch hier, erfolgreiche Methoden vom Synchrotron in ein normales Labor zu holen. Die Anwendungen, die dabei möglich werden, reichen von der Geologie und den Umweltwissenschaften bis zur Biomedizin. Die TU Berlin will mit solchen „Innovative Labs“ Institutionen schaffen, in denen universitäre und außeruniversitäre Forschungsinstitute zusammen mit Unternehmen an innovativen Produkten arbeiten. Aufseiten des MBI fungiert das BLiX auch als Leibniz-Applikationslabor.

www.blix.tu-berlin.de

Einen wichtigen Schwerpunkt der optischen Analytik in Berlin bilden die Labore für Forschung, Prüfung und Standards, allen voran die **Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)** und **die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)**.

Die zwei Fachabteilungen der PTB am Standort Charlottenburg befassen sich mit Thermometrie, Radiometrie, Medizinphysik, Mathematik und Informationstechnik für die Metrologie. In Adlershof betreibt die PTB den MLS-Elektronenspeicherring (Metrology Light Source) für Kalibrierungen vom Infraroten (THz) bis ins extreme Ultraviolett (EUV) und nutzt ebenfalls den Elektronenspeicherring BESSY II.

www.ptb.de/cms/ueber-uns-karriere/ueber-uns/ptb-in-berlin/institut-berlin.html

An der **BAM** ist ein eigener Fachbereich für radiologische Verfahren eingerichtet. Aufgabe des Fachbereichs Radiologische Verfahren ist die Entwicklung, Anwendung, Validierung und Zertifizierung von radiologischen Verfahren mit Röntgen-, Gamma- und Terahertzstrahlen (THz-Strahlen). Dazu werden an der BAM neue zwei- und dreidimensionale digitale Mess- und Prüfverfahren (Computer-Laminographie, Tomosynthese und Computertomographie) für Industrie- und Sicherheitsanwendungen entwickelt.

Die PTB in Berlin Charlottenburg: Hier wurde 1887 die Physikalisch-Technische Reichsanstalt unter Hermann von Helmholtz gegründet
© Physikalisch-Technische Bundesanstalt

Im **Fachbereich Mikro-Zerstörungsfreie Prüfung (ZFP)** werden zerstörungsfreie Prüfverfahren für den Nachweis von Strukturen und Fehlern im Mikrometerbereich und darunter entwickelt und bewertet. Das wird durch den Einsatz von höchstaufgelösten bildgebenden Röntgenmethoden sowie einer quantitativen 3D-Charakterisierung der Materialienmikrostruktur realisiert. Dafür bietet die BAM besondere Kompetenzen in der Computertomographie und der Röntgenstreuung, die die industrielle und akademische Landschaft ergänzen. Außerdem ist Materialcharakterisierung das Stichwort für die Entwicklung von Kompetenzen und Apparaturen wie Zug- oder Hochtemperaturversuche in CT und Refraktionsgeräten.

www.bam.de/Navigation/DE/Ueber-die-BAM/Organisation/Organigramm/Praesident/Abteilung-8/fachbereich-85/fachbereich85.html

Das Adlershofer **Institut für angewandte Photonik (IAP)** arbeitet als gemeinnützige private Industrieforschungseinrichtung an Projekten aus Grundlagen- und angewandter Forschung der Röntgenphysik und -technik und organisiert alle zwei Jahre die Fachtagung **Prozessnahe Röntgenanalytik – PRORA.**

www.iap-adlershof.de/

Die Industrie: Marktführer und Spezialisten

Die hervorragende wissenschaftliche Infrastruktur in Berlin und Brandenburg hat über die Jahre die Gründung und Ansiedlung vieler Firmen begünstigt. Einige konnten sich in kürzester Zeit zu Weltmarkführern in ihrem Segment entwickeln und haben diese Position ausgebaut oder konnten sich nach ihrer Übernahme in internationalen Konzernen weiterentwickeln.

Röntgenanalytik

Die Röntgenfluoreszenzanalyse (XRF) ist eine etablierte Methode, um die Konzentration einzelner Elemente in biologischen Proben zu messen. So bietet zum Beispiel die **Bruker Nano GmbH** verschiedene XRF-Geräte an. Die Untersuchungen des Metabolismus von biologischen Proben sind damit schnell und ohne große Probenpräparation möglich. Sie liefern wertvolle Informationen zu Umwelteinflüssen. Daneben werden sie aber auch bei Baustoffanalysen, geologischen Untersuchungen oder in Forensik und Archeometrie eingesetzt. Neben Röntgenanalysesystemen und Komponenten für die Element- und Strukturanalytik, bietet Bruker Nano Analysesysteme für Elektronenmikroskope an. Dazu gehören energiedispersive Röntgenspektrometer (EDS), wellenlängendispersive Röntgenspektrometer (WDS), Electron-Backscatter-Diffraction-Systeme (EBSD, Kikuchi-Beugung) und Mikroröntgenquellen für Mikro-RFA am REM, sowie mobile und Auftisch-Mikroröntgen-fluoreszenz- (Mikro-RFA) und Totalreflexions-Röntgenfluoreszenzspektrometer (TRFA).

www.bruker.com/nano-analytics

Multielement-Map eines fossilen Fisches, aufgenommen mit dem M4 TORNADO Mikro-RFA System der Firma Bruker
© Bruker Nano GmbH

In direkter Nachbarschaft zu Bruker Nano in Berlin Adlershof hat sich die **BESTEC GmbH** angesiedelt. Die BESTEC GmbH entwickelt und fertigt optische Systeme für den weichen und harten Röntgenbereich, die bei Synchrotronstrahlungsquellen, Freien-Elektronen-Lasern und Laser-Plasma-Quellen eingesetzt werden. Dazu gehören Monochromatoren, Spiegel- und Spaltsysteme auf der Beleuchtungsseite sowie Spektrometer, Reflektometer und Ellipsometer im Bereich der Experimentiersysteme.

Hochauflösendes Spektrometer und integriertes Probensystem zur Untersuchung inelastischer Streuprozesse an Festkörperoberflächen
© BESTEC GmbH

Die **Helmut Fischer GmbH**, Standort Berlin (vormals **IfG – Institute for Scientific Instruments GmbH**) produziert am Standort Adlershof ein weites Spektrum an Röntgenkapillaroptiken und mikro- und nanostrukturierten Glasprodukten. Außerdem gehören Röntgenquellen (iMOXS) zu ihrem Programm, unter anderem für die Röntgendiffraktometrie und Röntgenfluoreszenzanalyse – letztere auch als Zusatzbaugruppe für den Anbau an Rasterelektronenmikroskope. Die Röntgenfluoreszenzanalyse nutzt man auch in Messköpfen für die Prozesskontrolle, mit denen zum Beispiel die Fertigung photovoltaischer Elemente überwacht wird.

www.helmut-fischer.de

Elementanalysen bei Drücken weit oberhalb des Ultrahochvakuums schaffen die Systeme der **Specs GmbH.** Das ermöglicht es, Flüssigkeiten, Gewebe, Kunststoffe oder Biomaterialien in einer Turn-key-Anlage mit hohem Durchsatz zu untersuchen. Vom Einsetzen der Probe bis zum Ergebnis dauert es weniger als zehn Minuten. Specs entwickelt und produziert auch Systeme für die Elektronenspektroskopie (XPS), die Elektronenmikroskopie bei niedrigen Energien (LEEM/PEEM) sowie für Near Ambient Pressure (NAP) XPS und SPM (Scanning Probe Mikroskopie) für die Untersuchung nicht fester oder ausgasender Stoffe und In-situ-Untersuchungen chemischer Oberflächenreaktionen.

www.specs.de

Ein großes Anwendungsfeld für Röntgensysteme ist nach wie vor die Medizintechnik. So bietet das Potsdamer Unternehmen **TuR – Röntgentechnik GmbH** verschiedene konventionelle und digitale Röntgenlösungen. Die Produkte bedienen die Gebiete Röntgentherapie und -diagnostik sowie Lösungen für spezielle Anforderungen. Auch für die Veterinärmedizin gibt es besondere Röntgengeräte.

www.tur-x-ray.com

Analytik für Umwelt und Lebenswissenschaften

Wie sauber ist unser Wasser? Welche Ozonwerte erwarten uns in diesem Sommer? Welche Altlasten sind auf einer Industriebrache bei der Neubebauung zu beachten? Um solche Fragen zu beantworten, befasst man sich in der Umweltanalytik mit der qualitativen und quantitativen Untersuchung von Stoffen in der Umwelt.

Auch dafür gibt es in Berlin und Brandenburg gewachsene eng vernetzte Strukturen. Dabei arbeiten große, mittlere und kleine Forschungsinstitute eng mit einer Vielzahl von vor allem mittelständischen Unternehmen zusammen.

In der **Abteilung Analytische Chemie; Referenzmaterialien** der **Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)** befassen sich mehrere Fachbereiche mit den verschiedenen Aspekten der Umweltanalytik. Dazu gehören zum Beispiel die anorganische sowie die organische Spurenanalytik, die Umweltanalytik und der Fachbereich für chemische und optische Sensorik. Zu den besonderen Kompetenzen zählen die anorganische Spurenelement-, Elementspezies- und Isotopenanalytik, insbesondere von Reinststoffen, umweltrelevanten, biologischen und medizi-

nischen Materialien sowie die Entwicklung geeigneter Analysenverfahren und -geräte.

Im Bereich **Biophotonik** befasst sich die BAM mit der Entwicklung, Anwendung und Validierung optisch-spektroskopischer Messverfahren auf verschiedenste flüssige und feste Proben mit dem Schwerpunkt statische, zeitaufgelöste und ortsaufgelöste Fluorometrie. Die Aufgaben umfassen die Charakterisierung organischer Farbstoffe, Halbleiter-Quantenpunkte und Aufkonvertierungsmaterialien, quantitative und absolute Fluoreszenzmessungen sowie material- und bioanalytische Applikationen wie optische Assays und die Entwicklung und Bereitstellung von Referenzmaterialien für optisch-spektroskopische Analysemethoden.

Seit mehr als 130 Jahren entwickelt und produziert die **G. Lufft Mess- und Regeltechnik GmbH** mit Hauptsitz in Fellbach professionelle Komponenten und Systeme für die Klima- und Umweltmesstechnik. Nach der Übernahme des Produktbereichs Wolkenhöhenmesser im April 2014 von der Jenoptik-Tochter ESW GmbH hat sich das neu gegründete Geschäftsfeld „Optische Sensoren“ der Firma G. Lufft in Berlin-Adlershof niedergelassen. Überall dort, wo Luftdruck, Temperatur, relative Feuchte und andere Umweltmessgrößen gemessen oder registriert werden müssen, kommen Produkte von G. Lufft zum Einsatz. Diese Einsatzbereiche sind unter anderem die industrielle Klimamesstechnik, Umwelttechnik, Klimatologie, Agrarmeteorologie und Verkehrstechnik.

In der Ulbricht-Kugel werden mögliche Referenzmaterialien getestet. Dazu werden sie mit einer Lichtquelle bestrahlt
© BAM

Der Berliner Geschäftsbereich beschäftigt sich in erster Linie mit dem Vertrieb und der Weiterentwicklung der Wolkenhöhenmesser und der Familie der laserbasierten Schneehöhensensoren.

www.lufft.com

In der Absorptionsspektroskopie ermöglichen Laser die berührungslose Messung von Sauerstoff. Als Teil der Münchner TOPTICA Photonics AG bietet die **eagleyard Photonics GmbH** in Adlershof dafür DFB-Laser an, die die stärksten Sauerstoff-Absorptionslinien treffen. Aufgrund ihrer gegenüber anderen Lasern (zum Beispiel VCSEL) deutlich höheren Ausgangsleistung sind sie hervorragend geeignet auch für den industriellen Einsatz unter schwierigen Messbedingungen. Die exzellente Wellenlängenstabilität der DFB-Laser macht regelmäßige Rekalibrierungen überflüssig und kann so die Wartungskosten signifikant senken.

www.eagleyard.com

Die **Colibri Photonics GmbH** ist Innovator für hochwertige nicht invasive Mikro- und Nanosonden zur optischen Bestimmung von Sauerstoff. Die kundenspezifischen Sauerstoff-Hochleistungssensoren sind für die Verwendung in der Human- und Pflanzenphysiologie, aber auch in der Biologie und Umweltanalytik optimiert. Die Zielgruppe von Colibri Photonics sind in erster Linie Kunden aus dem Bereich der Lebenswissenschaften, die sich mit Mikro- und Nanovolumina beschäftigen, beispielsweise Hersteller von Lab-on-a-Chip-Systemen für zellbasierte Tests, Neuro- und Onkologen, Pflanzenphysiologen und Entwickler von Bioreaktoren zur dreidimensionalen Gewebezüchtung.

www.colibri-photonics.com

Die **Stöbich technology GmbH** entwickelt und vermarktet seit 2013 innovative Produkte rund um die Themen Batteriesicherheit und faseroptische Sensorik. Sie realisiert die Bündelung des Know-how verschiedener Unternehmen für die gemeinsame Entwicklung innovativer Produkte, organisiert gemeinsame Entwicklungsprojekte, übernimmt das Projektmanagement und die Herstellung der daraus resultierenden Produkte. Dabei handelt es sich um Themen zum Batteriemanagement, zur optischen Gassensorik, zur faseroptischen Sensorik bis hin zu intelligenten Materialien

aus Gewebestrukturen in Zusammenarbeit mit dem Batterie- und Sensoriktestzentrum und dem HHI FS in Goslar.

www.stoebich-technology.de

Sensorik für Lebensmittelqualität und -sicherheit
Am **Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e. V. (ATB)** werden optische Methoden unter anderem zur zerstörungsfreien Erfassung von Qualitätsparametern in frischen Lebensmitteln angewendet und weiterentwickelt. Mit Methoden der Durchflusszytometrie, der Fluoreszenz- und der UV-Spektroskopie entwickelt das ATB Schnelltests zur Identifikation von Mikroorganismen. Zu den am ATB untersuchten optischen Methoden gehören Thermografie, Hyperspektral-Analyse, Chlorophyll-Fluoreszenz-Bildanalyse, Absorptionsspektroskopie im VIS- und NIR-Bereich, Spektralphotometrie (mobil), Raman- und Terahertz-Spektroskopie (Bodenanalytik).

www.atb-potsdam.de

Am FBH wurde ein portables Raman-Lasersystem für den Feldeinsatz entwickelt, hier auf einer Obstplantage
© FBH/A. Müller

Neben den Forschungsinstituten sind auch mehrere Unternehmen der Region stark in der Umwelt-Analytik vertreten. So bietet die **Umwelt-Geräte-Technik GmbH** aus Müncheberg eine ganze Reihe von Messgeräten an, mit denen sich der Zustand von Gewässern, Wind und Wetter oder auch das Wachstum von Pflanzen messen lässt. Für den besonderen Einsatz in der Ökologie erhielt der Gründer Manfred Seyfarth den Sonderpreis des Zukunftspreises Brandenburg 2017.

www.ugt-online.de

Auch die **Comde-Derenda GmbH** ist auf innovative Sensorik und Umweltmesstechnik spezialisiert. Das Stahnsdorfer Unternehmen besitzt besondere Kompetenzen bei der Fertigung von Geräten zur Überwachung der Luftqualität, etwa bei Sensorik-Lösungen zur Messung von Staub- und Gaskonzentrationen.

www.comde-derenda.com

Sensoren für ein breites Aufgabenspektrum führt die **deka Sensor + Technologie Entwicklungs- und Vertriebsgesellschaft GmbH** im Angebot. Das Spektrum reicht von Lichtsensoren im infraroten, optischen und ultravioletten Bereich bis hin zu kompletten Messsystemen, die physikalische Parameter wie Temperatur, Druck, Feuchtigkeit und Windgeschwindigkeit überwachen – von der Wetterstation bis zum industriellen Einsatz.

www.deka-s-t.com

Die **Umweltanalytische Produkte GmbH** bietet Sensortechnik zur Datenerfassung in der Bodenphysik, Meteorologie, Pflanzenphysiologie und Hydrologie. Mit diesen Geräten lassen sich Untersuchungen zum Wasser- und Nährstoffhaushalt sowie biologische Versuchsreihen durchführen, Altlasten erkunden und überwachen.

www.upgmbh.com

Während hierzulande einige Firmen über eine Verlagerung ihrer Aktivitäten nach Asien nachdenken, gibt es auch die umgekehrte Variante: Die indische Firma Everest Instru-

Mit dem Handy-Mikroskop von Oculyze kann man zum Beispiel automatisiert Zellen zählen
© Oculyze GmbH

ments PVT. Ltd. hat Anfang 2016 in Adlershof mit der **Everest Scientific Europe** ein Entwicklungszentrum eingerichtet. Die Mutterfirma in Indien ist auf die Kontrolle von Milch und anderen Lebensmitteln spezialisiert.

www.everestinstruments.in

Die **Oculyze GmbH** in Wildau hat eine automatisierte, digitalisierte und mobil einsetzbare Mikroskopieplattform entwickelt. Das Oculyze-Mikroskop besteht aus einem abnehmbaren optischen Modul (~400x), einem Smartphone und einer Android-Applikation mit integrierter Verbindung zum Firmenserver, wo die Bilderkennung erfolgt.

Das optische Modul wird auf das Smartphone gesteckt und das vergrößerte Bild über die App auf dem Bildschirm dargestellt. Erste Anwendung findet das System im Bereich der Hefeanalyse im Brauprozess. Weitere Anwendungsgebiete ergeben sich aus der Mobilität der Plattform.

Umfangreiche Informationen zu Forschung und Industrie im Bereich der Mikroskopie finden sich auch in Kapitel 4.5 „Biomedizinische Optik und Augenoptik“.

www.oculyze.de

Optische Gewässerfernerkundung

Die **Arbeitsgruppe Gewässerfernerkundung** aus dem **Earth Observation Center (EOC) des DLR** ist am Standort Adlershof vertreten. Die Arbeitsgruppe befasst sich mit der (Fern-)Erkundung von Inhaltsstoffen in Gewässern verschiedener Größe mithilfe von optischen Methoden.

Während dafür an Bord von Schiffen oder im Wasser selbst nicht abbildende Sensoren zum Einsatz kommen, werden auf Flugzeugen und Satelliten sogenannte abbildende Spektrometer eingesetzt, die für jeden Spektralkanal auch ein eigenes Bild der Landschaft liefern. Die Fernerkundung ist hierbei die einzige Technologie, um die hohe räumliche und zeitliche Dynamik von Gewässern beobachten zu können.

Das am DLR entwickelte abbildende Spektrometer MOS-IRS (von 1996 bis 2005 an Bord des Satelliten IRS-P3) diente als erstes Instrument seiner Art vorwiegend für die Grundlagenentwicklung und den Machbarkeitsnachweis der quantitativen Satellitenfernerkundung. Mit dem abbildenden Spektrometer MERIS an Bord des ESA-Umweltsatelliten ENVISAT erfolgte der Übergang zur regulären Bereitstellung von Daten für die Umweltüberwachung durch behördliche Nutzer und zum Monitoring europäischer Umweltrichtlinien im Rahmen des GMES-Programms.

www.dlr.de/eoc/de

Die **Arbeitsgruppe Fernerkundung am Deutschen GeoForschungsZentrum Potsdam – GFZ** beschäftigt sich mit Radar- und optischen Methoden zur Analyse von „Geohazards“ – also Erdbeben, Massenbewegungen, Gletscherdynamik, Permafrost und anthropogen bedingten Oberflächendeformationen. Ziel der Forschung sind automatisierte Verfahren für das Monitoring sowie die gemeinsame Nutzung von Radar- und optischen Daten zur Bestimmung gefährlicher Lagen.

www.gfz-potsdam.de/sektion/fernerkundung/ueberblick

Plasma-Spektroskopie

Das **Leibniz-Institut für Analytische Wissenschaften – ISAS – e. V.** ist eine außeruniversitäre Forschungseinrichtung mit Sitz in Dortmund und einer Betriebsstätte in Berlin-Adlershof. Am ISAS werden verschiedene spektrografische Methoden und Systeme für Anwendungen in der Material- und biomedizinischen Analytik entwickelt. Dabei arbeitet

das ISAS eng mit Firmen in Adlershof zusammen, die oft auch die Vermarktung der Systeme übernehmen. So hat das ISAS gemeinsam mit der Firma **LTB Lasertechnik Berlin GmbH** ein Applikationslabor für Raman-Mikrospektroskopie im Spektralbereich VIS-UV-DUV aufgebaut. Genutzt wird dabei das vom ISAS entwickelte Konzept der Echelle-Spektrometer.

In Kooperation mit der Firma **SENTECH Instrument GmbH** entwickelt das ISAS Ellipsometer für die Dünnschichtanalytik. Sie werden für Aufgaben in den Bereichen Biomedizin und Optoelektronik genutzt.

www.isas.de

Die **Arc Precision GmbH** aus Wildau hat modulare Plasmaquellen für höchste industrielle Ansprüche im Portfolio, mit denen sich etwa Oberflächen mit ultraharten Beschichtungen veredeln lassen. Das Unternehmen ist auch auf die Oberflächenanalytik von Beschichtungen spezialisiert.

www.arcprecision.com

Prozessanalytik an dispersen Materialien

Das **Zentrum für Innovationskompetenz innoFSPEC Potsdam** („innovative faseroptische Spektroskopie und Sensorik") entstand 2008 als Gemeinschaftsvorhaben des **Leibniz-Instituts für Astrophysik Potsdam (AIP)** und der **Universität Potsdam, Physikalische Chemie** – mit dem Ziel, durch intelligente Anwendung von Faseroptik Innovationen zu generieren. innoFSPEC Potsdam entwickelt mit der Photonendichtewellen (PDW)Spektroskopie eine einzigartige faseroptische Methode zur Absolutquantifizierung von optischen Absorptions- und Streueigenschaften stark lichtstreuender, opaker Materialien. Damit ist unter anderem eine leistungsstarke Teilchengrößenbestimmung in hochkonzentrierten Dispersionen als Inline-Prozessanalytik möglich. In enger Kooperation mit Forschungs- und Industriepartnern findet die PDW-Technologie Anwendung in den Bereichen Lebensmittel- und Polymerchemie, Nanotechnologie und Biomedizin. Prof. Dr. Hans-Gerd Löhmannsröben, Dr. Roland Hass und Dr. Oliver Reich haben aus der Universität Potsdam heraus das Spin-off **PDW Analytics GmbH** zur kommerziellen Verwertung gegründet.

www.innofspec.de
www.pdw-analytics.de

Die **L.U.M. GmbH** zählt zu den weltweit führenden Herstellern von Geräten zur direkten und schnellen Stabilitätsanalytik und Partikelcharakterisierung von Dispersionen. Mithilfe der extrem leistungsfähigen Messtechnik lassen sich stoffliche Entmischungsprozesse schnell, effizient und zuverlässig analysieren und Dispersionen umfassend charakterisieren. Die innovativen Analysegeräte von L.U.M. gehören zum Standardequipment in den Laboratorien großer Chemie-, Nahrungsmittel-, Kosmetik- und Pharmakonzerne. Die L.U.M. GmbH bietet neben den analytischen Messgeräten auch analytische Dienstleistungen und Auftragsforschung auf den obigen Kompetenzfeldern an. Die L.U.M. GmbH ist zertifiziert nach DIN EN ISO 9001:2000 und EN 46001.

www.lum-gmbh.com

Die **SOPAT GmbH** ist ein Spezialist für die Analyse von partikulären Systemen. Das SOPAT-System – Smart Online Particle Analysis Technology – ist die Kombination einer photo-optischen Messtechnik und einer Bildverarbeitungssoftware. Es dient zur In-situ-Analyse von Partikelgrößen in Echtzeit. Dies findet – anders als bei Offlinemethoden – direkt im Reaktor statt, wodurch erstmals eine Prozesssteuerung auf Basis der Partikelgröße möglich wird. Die Tropfengrößenverteilung lässt sich mit der präsentierten Technik vor, während oder nach einer Reaktion einfach vermessen, da diese mühelos über Standardflansche in Rohrleitungen, Kolonnen oder Reaktoren eingeführt werden kann.

www.sopat.de

Die Durchflussmessung ohne Medienkontakt hat die **FLEXIM GmbH** perfektioniert. Dabei spielt es keine Rolle, ob Flüssigkeiten oder Gase, extreme Temperaturen, stark schwankende Durchflussraten, kleine oder große Rohre involviert sind. Refraktometrie – also die Messung der Lichtbrechung – hat sich als Analyseverfahren im Labor unzählige Male zur Bestimmung der Konzentration, Dichte und Reinheit von Flüssigkeiten bewährt. FLEXIM verlagert die Refraktometrie vom Labor in den Prozess, um auch bei Inline-Messungen die Vorteile des Messprinzips zu nutzen: Schnelligkeit, Genauigkeit, Zuverlässigkeit und die Unabhängigkeit von Gaseinschlüssen, Farbe und Trübung.

www.flexim.com

Mit immer weniger Ressourcen immer mehr qualitativ hochwertig produzieren. Das setzt detaillierte Kenntnisse der Produktionsprozesse voraus. Die Firma **JP-ProteQ** ist in der Entwicklung von Messgeräten, Analysatoren, Sensoren und Automatisierungslösungen tätig. Dafür werden marktübliche Prozessanalysatoren aller Hersteller für die Lösung spezieller analytischer Messaufgaben angepasst und messtechnische Konzepte entwickelt und umgesetzt.

www.jp-proteq.com

Dünnschichtanalytik

Die Präzisionskontrolle von Dünnschichtprozessen weist wegen ihres hohes Innovationspotenzials und der Entwicklung neuer anorganischer, organischer und hybrider Materialstrukturen besondere Relevanz auf. Sie findet sich in der Schlüsseldiagnostik für Nanotechnologien, Halbleitertechnologien und Materialwissenschaft wieder. Dabei ermöglicht sie die beschleunigte Entwicklung innovativer komplexer Materialsysteme. Die technologischen Herausforderungen sind vielfältig. Sie liegen zum Beispiel in der Weiterentwicklung von Optiken (FIR bis XR), bei Lichtquellen (Miniaturisierung), Detektoren (Empfindlichkeit, Dynamik), Algorithmen zur Datenauswertung, in der Bildverarbeitung/Mustererkennung sowie in der Miniaturisierung und der Optimierung kostengünstiger Systeme für spezifische materialtechnologische Anwendungen. In der Region sind entlang der gesamten Innovations- und Wertschöpfungskette Komponentenentwickler und -hersteller aktiv. Zusätzlich sind starke Forschungspartner mit komplementären Techniken an Großgeräten (Synchrotron) verfügbar und eine starke potenzielle Anwendergemeinschaft ist in den Materialwissenschaften tätig.

Reflektometersystem für große Proben (Probendurchmesser bis 1500 mm, Gesamtlast bis 800 kg) mit integrierter Quelle und Monochromatorstrahlrohr für den Wellenlängenbereich von 6nm – 20nm.
© BESTEC GmbH

Spektroskopisches Ellipsometer SENresearch
© SENTECH Instruments GmbH

Reflektometrie an großen Proben
Das Produktportfolio der **BESTEC GmbH** umfasst unter anderem Messsysteme für photon-in/Photon-out-Techniken im Energiebereich vom UV bis zu weicher Röntgenstrahlung, beispielsweise für Spektroskopie, Reflektometrie, Ellipsometrie oder Ramanspektroskopie. Sie dienen der Charakterisierung von Multilagenspiegeln in der Optikindustrie sowie zur Grundlagenforschung an Synchrotronstrahlungsquellen und Freien-Elektronen-Lasern.

www.bestec.com

Spektroskopische Ellipsometrie
SENTECH Instruments mit Sitz im Technologiepark Adlershof ist auf Dünnschichten spezialisiert. Zum Strukturieren und Abscheiden dünner Schichten und Nanostrukturen bietet die Firma Plasmaprozesstechnologie an. Zur Charakterisierung dünnster Schichten verfügt sie über eine breite Auswahl an Reflektometern sowie Laser- und spektroskopischen Ellipsometern.

Ellipsometer von SENTECH können jetzt alle Elemente der Müller-Matrix bestimmen und erweitern so den Anwendungsbereich insbesondere um anisotrope, depolarisierende sowie strukturierte Proben. Weiterhin ermöglicht diese Innovation die genaue Bestimmung von Brechungsindex, Absorption und Schichtdicke durch die Anwendung des Step Scan Analyzer(SSA)-Prinzips.

www.sentech.de

In-situ-Spektroskopie

Die Entwicklung der In-situ-Spektroskopie, insbesondere Schwingungsspektroskopie, zur Untersuchung von funktionalen organischen Oberflächen und Hybridschichten ist das Hauptziel der **Arbeitsgruppe In-situ-Spektroskopie am Leibniz-Institut für Analytische Wissenschaften – ISAS – e. V.** in Berlin Adlershof. Insbesondere werden Methoden zu optischen Modellen, Auswertungsverfahren und experimentellen Aufbauten zur In situ-Untersuchung von Schichten und Oberflächen in flüssigen Umgebungen entwickelt (Reflexionsanisotropie-, Ellipsometrie, Raman- und Infrarot – Spektroskopie, IR-Mikroskopie, IR-Mapping-Ellipsometrie bei BESSY II). Kombinierte Labor- und Synchrotronmessungen konzentrieren sich auf die Eigenschaften funktionaler Schichten und die Adsorption von Molekülen auf solchen Oberflächen, zum Beispiel unktionale Polymerbürsten oder spezifische Linkerfilme für Bio- oder Solarzellenanwendungen. Messkonzepte werden weiterentwickelt, um schneller, mit höherer Empfindlichkeit und höherer lateraler Auflösung zu analysieren.

www.isas.de/In-situ-Spektroskopie.573.0.html

Bildgebende Spektroskopie an optischen Schichten

In der Optik werden dünne Schichten verwendet, um das Reflexions- bzw. Transmissionsverhalten von Oberflächen und optischen Bauelementen für UV-, VIS- und IR-Strahlung gezielt zu verändern. Typische Einsatzgebiete sind die Herstellung von reflektierenden Elementen (zum Beispiel Spiegel) oder die Entspiegelungen von optischen Oberflächen (zum Beispiel Linsen, Objektive, Prismen, Displays, Platten und OLEDs). Dabei kommen hauptsächlich die beiden Materialgruppen Metalle mit hohem Absorptions- oder Reflexionsvermögen sowie dielektrische Materialien mit hoher Transparenz zum Einsatz.

Mit den bildgebenden NIR-Hyperspektralkameras „uniSPECx.xHSI“ der **LLA Instruments GmbH** können die spektralen Verläufe der Reflexions- und Transmissionsgrade von optischen Bauteilen im Wellenlängenbereich von 350 nm bis 2200 nm ortsaufgelöst gemessen werden. Eine typische Anwendung ist die automatisierte ganzflächige Materialprüfung von Brillen- oder Filtergläsern mit dielektrischen Beschichtungen direkt nach dem Aufdampfprozess im UV-, VIS- und NIR-Spektralbereich. Große Aufmerksamkeit gilt allerdings eine andere Anwendung der Kameras von LLA: Mit ihnen lässt sich sehr schnell Plastikmüll klassifizieren. Zum Beispiel erkennen sie sicher PVC, sodass die Teile automatisch sortiert werden können.

www.lla.de

Infrarot-Thermografie

Berührungslose Temperaturmessung mit einem Infrarotsensor gehört heute in fast jeder Industriebranche oder im Forschungslabor zum Stand der Technik. Die Berliner Firma **Optris GmbH** entwickelt, produziert und vertreibt Laser-Handthermometer, stationäre Pyrometer und Infrarotkameras „made in Germany.“ Die Messgeräte sind neben innovativen Einsatzfeldern wie der 3D-Thermografie, der Lasertechnologie oder dem Additive Manufacturing auch in klassischen Prozessen wie der Stahl- oder Kunststoffindustrie zu finden. Beispielsweise haben beim Spritzgießverfahren in der Kunststoffindustrie 60 – 70 % aller formteilbezogenen Fehler, die für unzureichende Qualität und zu lange Zykluszeiten verantwortlich sind, ihre Ursache in der falschen Temperierung der Werkzeuge. Durch den Einsatz der hochauflösenden Infrarotkameras werden thermische Fehler inline bei ihrer Entstehung detektiert. In diesem Fall werden in jedem Zyklus Bilder der Formteile erstellt und anhand einer Referenzbildmethode analysiert. Bei auftretenden Abweichungen wird dem Benutzer ein Alarm ausgegeben.

www.optris.de

Thermografische Aufnahme eines Kfz-Cockpit-Teiles mit detektierter Fehlstelle (links) und nach der Optimierung (rechts)
© GTT Willi Steinko GmbH

Messtechnik für Dünnschichtprozesse

Gegründet im Jahr 1999 als Spin-off der TU Berlin hat sich die **LayTec AG** auf dem Gebiet der prozessintegrierten optischen Messtechnik für Dünnschichtprozesse eine führende Stellung erarbeitet. Die Messsysteme des Unternehmens werden in verschiedenen Bereichen wie Optoelektronik,

In-situ-Sensor EpiTT für die Wachstumsanalyse während MOCVD- und MBE-Prozessen
© LayTec AG

Elektronik, Photovoltaik, Optik, Photonik, Halbleiterindustrie sowie bei der Herstellung von Flachbildschirmen, Speicherchips und in anderen Bereichen angewendet. Sie überwachen die Wachstumsprozesse benötigter Kristallschichten, etwa bei metallorganischer Gasphasen-Epitaxie (MOCVD) und Molekularstrahlen-Epitaxie (MBE). Das Unternehmen nutzt und kombiniert optische Messverfahren wie Reflexion, emissivitätskorrigierte Pyrometrie, Laser-Deflektometrie, Reflexions-Anisotropie-Spektroskopie, Streulicht- und Photolumineszenz-Messungen, um die Herstellung von nano-dimensionierten Dünnschichtstrukturen zu überwachen. Man prüft also mittels optischer Verfahren unter anderem Temperatur, Abmessungen, Güte und Oberflächenbeschaffenheit der zu prüfenden Elemente. Das geschieht entweder in situ direkt während des Prozesses oder inline zwischen den einzelnen Beschichtungsschritten von Vielschichtstrukturen, wodurch die Entwicklungszyklen verkürzt und die Prozessausbeute gesteigert werden.

www.laytec.de

Zertifizierte Prüfung von Schichtsystemen und Oberflächen

Der **Fachbereich „Oberflächenmodifizierung und -messtechnik“ der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)** befasst sich mit der Untersuchung von dünnen Schichten und funktionellen Oberflächen wie Hartstoffschichten (zum Beispiel Verschleißschutz), optischen Schichtsystemen (zum Beispiel UV-Schutz) oder metallischen Überzügen (zum Beispiel Korrosionsschutz oder als elektromagnetische Abschirmung). Zur Bestimmung von mechanischen, optischen, mikrostrukturellen und chemischen Oberflächen- und Schichtkenngrößen, allgemeinen Oberflächen- und Schichteigenschaften wie Oberflächentopographie und -energie, Schichtdicke und Haftung steht eine Vielzahl von akkreditierten Prüfverfahren (DIN EN ISO/IEC 17025) zur Verfügung.

www.bam.de/Navigation/DE/Ueber-die-BAM/Organisation/Organigramm/Praesident/Abteilung-6/fachbereich-67/fachbereich67.html

Nano-Tribologie und Nanostrukturierung von Oberflächen

Analyseverfahren zur Tribologie, Mechanik, Elektrik und Optik auf der Sub-Mikrometerskala sind das Spezialgebiet des **Fachbereichs Nano-Tribologie und Nanostrukturierung von Oberflächen der BAM**. Eines der Forschungsthemen sind die Struktur-Eigenschafts-Beziehungen von komplexen Polymersystemen. Die Aufklärung einer Vielzahl von Versagens- und Schadensmechanismen an Kompositen, inneren und äußeren Oberflächen und Grenzflächen polymerer Festkörper zu organischen, anorganischen und metallischen Festkörpern ist ein weiterer Schwerpunkt des Fachbereichs.

www.bam.de/Navigation/DE/Ueber-die-BAM/Organisation/Organigramm/Praesident/Abteilung-6/fachbereich-66/fachbereich66.html

Gerahmte Optiken für hochpräzise Laserstrahlführung in verspannungsoptimierten Haltern
© Berliner Glas Group

Optische Beschichtungen

Beschichtungen auf unterschiedlichsten Substraten und für Wellenlängen vom VUV bis in den IR Bereich bietet die **Berliner Glas Gruppe.** Langjährige Erfahrungen mit verschiedensten Beschichtungsarten ermöglichen es dem Entwicklerteam, bestmögliche Lösungen vom Schichtdesign bis zur Serienfertigung zu finden. Zu den kundenspezifischen Entwicklungs- und Beschichtungsaufgaben gehören: Antireflex (AR)- und Spiegel (HR)schichten, Polarisierende und nicht-polarisierende Strahlteiler, verschiedene Filter (Transmission, Kanten-, Laserschutzfilter), Absorptionsschichten, unterschiedliche mechanische Verschleißschutz-Schichten (auch DLC) sowie Bond- und lötbare Schichten.

www.berlinerglas.de

Dünnschichtechnologien für Photovoltaik

Am **PVcomB Kompetenzzentrum Dünnschicht- und Nanotechnologie für Photovoltaik Berlin** werden Dünnschicht-Photovoltaiktechnologien und -produkte gemeinsam mit der Industrie entwickelt. Der Technologie- und Wissenstransfer erfolgt in Forschungsprojekten mit industriellen Partnern sowie durch die Ausbildung von hochqualifizierten Fachkräften. PVcomB bietet Unterstützung für Industriepartner bei Produktionsbeginn oder bei der Weiterentwicklung von industriellen Prozessen. Es ermöglicht die Erforschung vielversprechender neuer Hoch-Risiko-Konzepte und betreibt den Transfer und die Hochskalierung von Ergebnissen aus der Grundlagenforschung von HZB und TU Berlin bis zur PVcomB-Standardgröße von 30 x 30 cm². Industrielle Partner können die PVcomB-Referenzlinien als Benchmark nutzen, zum Beispiel für neue oder alternative Materialien, Analytik und Prozesskontrollen. In enger Zusammenarbeit mit dem Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie (HZB), der Technischen Universität Berlin (TUB), der Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin (HTW) und weiteren Partnern bildet PVcomB qualifizierten Nachwuchs aus.

Am PVcomB werden Dünnschicht-Photovoltaiktechnologien und -produkte gemeinsam mit der Industrie entwickelt
© Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH / Monique Wüstenhagen

www.pvcomb.de

LEED Beugungsbild
© greateyes GmbH

LEED Bildgebung und Schichtdickenbestimmung im EUV Bereich

Mit der Beugung niederenergetischer Elektronen (englisch: Low Energy Electron Diffraction – LEED) kann die Anordnung von Atomen an Oberflächen und in dünnen Filmen untersucht werden. Dabei wird das zu untersuchende Material mit einem Elektronenstrahl beleuchtet. Die an der Proben-Oberfläche gestreuten Elektronen werden auf einem Schirm sichtbar gemacht und bilden dabei ein für die Oberfläche charakteristisches Beugungsmuster. Dieses Muster gibt Auskunft über die Anordnung der Atome und somit über die Beschaffenheit der Probe. Im nebenstehenden Beispielbild (LEED-Beugungsbild) wurde eine Probe mit Elektronen beschossen und das daraus resultierende Beugungsmuster von der Kamera GE 1024 1024 BI MID der Firma **greateyes GmbH** aufgenommen. Die hohe Empfindlichkeit der Kamera macht auch schwache Beugungsreflexe sichtbar.

www.greateyes.de

Industrielle Bildverarbeitung

Das Thema der industriellen Bildverarbeitung (IBV) zieht sich quer durch fast alle Anwendungsgebiete. Sie ist heute sowohl aus den verschiedensten Produktionsprozessen, aber auch aus vielen Prüf- und Servicebereichen nicht mehr wegzudenken. Entsprechend weit gefächert sind die Anwendungsbereiche, sie reichen von der Landwirtschaft über Maschinenbau, die Pharmazeutische Industrie bis zur Luft- und Raumfahrt, um nur einige Bereiche zu nennen. IBV ist ein Grundpfeiler von Industrie 4.0, aber auch in der Forschung ergeben sich viele Perspektiven: Von der automatisierten Untersuchung am Mikroskop bis hin zur automatischen Erfassung und Auswertung von Luftbildern reichen die Möglichkeiten. Technologisch sind bei der IBV verschiedene Aufgaben zu lösen: Beleuchtung, Sensorik, Datenübertragung und Datenverarbeitung. Dementsprechend ergeben sich im Clusterreport enge Verbindungen zu Themen wie der Beleuchtung und Farbmesstechnik (Kapitel 4.2 „Lichttechnik“), Sensorik (Kapitel 4.6 „Mikrosystemtechnik“) aber auch zu Übertragungstechniken (Kapitel 4.3 „Photonik für Kommunikation und Sensorik“) und zu verschiedenen Sensorikthemen in diesem Kapitel.

In Adlershof ist die **ISRA Vision Graphikon GmbH** ansässig. Die Firma wurde 2010 in die ISRA Vision AG integriert um die Wachstumschancen im Solarmarkt wahrzunehmen. Die ISRA Vision AG in Darmstadt ist heute eines der führenden Unternehmen im Bereich Machine Vision. Zu den wichtigsten Anwendungen zählt die Firma Robot Vision, Surface Vision und Quality Inspection.

Kamera auf Achse vor einer Druckbahn
© Bi-Ber GmbH & Co. Engineering KG

www.isravision.com

Ein relativ junges Unternehmen ist die **5micron GmbH**. Das aktuelle Portfolio der 5micron GmbH teilt sich in zwei Geschäftsfelder: Oberflächenmesstechnik und Spezialbeleuchtungssysteme. Im Geschäftsfeld der Oberflächenmesstechnik werden vor allem für die Luftfahrtindustrie Entwicklungsprojekte umgesetzt, die auf optischen Methoden basieren. Die Methoden mit Auflösungen im Mikrometerbereich sind Deflektometrie, die Schattenwurfmethode und Musterprojektion. Der Bereich der Spezialbeleuchtungssysteme konzentriert sich auf die Datenübertragung per Licht.

www.5micron.de

Hauptgeschäftsfeld der **Bi-Ber GmbH & Co. Engineering KG** ist die Entwicklung und Herstellung von Bildverarbeitungssystemen zur produktionsbegleitenden Qualitätskontrolle. Den Schwerpunkt bilden dabei Entwicklung, Bau und Inbetriebnahme von schlüsselfertigen optischen Mess- und Prüfsystemen, insbesondere für die Druckindustrie, Automobilzulieferindustrie, Medizintechnik und Elektronikindustrie. Standardlösungen werden auch zur Qualitätssicherung in der Süßwarenindustrie geliefert, zum Beispiel Bildverarbeitungssysteme für die Formenleerkontrolle, 3D-Formbruchkontrolle und Produktendkontrolle.

www.bilderkennung.de

THz-Wellen schaffen völlig neue Einblicke

Im elektromagnetischen Spektrum liegt das Terahertz (THz)-Regime in dem schwer erreichbaren Bereich zwischen den Wellenlängen der Infrarotstrahlung und den Funkwellenlängen (Frequenzen ca. 0,1 THz – 10 THz, Wellenlängen ca. 30 µm – 3 mm). Daraus ergeben sich verschiedene Ansätze zur Strahlerzeugung. Die vollelektronischen Systeme, die auf der Vervielfachung von Millimeterwellen-Strahlungsquellen basieren, erreichen typi-

scherweise Frequenzen bis zu 1,4 THz, in Ausnahmefällen sogar 2,5 THz. Am **Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik (FBH)** in Berlin und am **Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik (IHP)** in Frankfurt (Oder) werden die Komponenten solcher Strahlungsquellen entwickelt. In optoelektronischen Systemen wird THz-Strahlung durch Frequenzmischung zweier Infrarot-Laser erzeugt. Je nach technischer Realisierung werden Frequenzen bis zu etwa. 2,5 THz oder, sofern ein gepulster Laser eingesetzt wird, auch bis zu 10 THz erzeugt.

In Berlin leistet das **Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut, HHI** Pionierarbeit auf diesem Gebiet. Seit einigen Jahren wird auch zunehmend ein spezieller Lasertyp, der Quantenkaskadenlaser, eingesetzt. Damit werden erstmals Methoden der Laserspektroskopie im THz-Bereich anwendbar. Das **Paul-Drude-Institut (PDI)** in Berlin ist ein weltweit führender Entwickler und Hersteller dieser Laser und das **Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)**, Institut für Optische Sensorsysteme, in Berlin ist weltweit führend in der Anwendung dieser Laser für die Spektroskopie. Ein Beispiel ist das einzigartige Quantenkaskadenlasersystem, das von der DLR und dem PDI für die höchstauflösende Spektroskopie mit dem Astronomieflugzeug SOFIA entwickelt wurde und dort seit 2014 einmalige Daten über unser Universum liefert. Materialien wie Papier, Kunststoffe oder Textilien sind für THz-Strahlung durchlässig, Metalle oder Wasser dagegen nicht oder nur in sehr geringem Maße. THz-Strahlung lässt sich daher zur Durchleuchtung von Objekten nutzen, allerdings ohne die schädlichen Eigenschaften von Röntgenstrahlung. Daraus ergeben sich interessante Anwendungen in der Inline-Sensorik, Analytik, zerstörungsfreien Werkstoffprüfung und Bildgebung. Ein neuer Forschungsbereich ist die Kommunikation mittels THz-Strahlung.

Erste Anwendungen haben Einzug in die industrielle Umsetzung gehalten. In der Gasanalytik erlauben THz-Messstrecken hochsensitive und hochspezifische Analysen von Gasgemischen, für die bisher Tieftemperaturbolometer eingesetzt werden mussten. Die berührungslose Schichtdickenmessung an Kunststoffbauteilen, Schäumen und Mehrschichtlackierungen wurde erst durch THz-Technologien möglich. Die THz-Nahfeldmikroskopie erlaubt hochauflösende Materialanalysen für die Halbleiterindustrie. Auf dem Gebiet der zerstörungsfreien Prüfung mit THz-Strahlung ist die **Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)** in Berlin aktiv und die **Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)** in Berlin stellt – weltweit einmalig – einen Kalibrierservice für THz-Detektoren bereit.

Darüber hinaus ist auch die Grundlagenforschung mit THz-Strahlung in der Hauptstadtregion sehr gut aufgestellt. Zu nennen sind hier beispielsweise die Berliner Universitäten, das Max-Born-Institut und das Helmholtz-Zentrum Berlin. Im nationalen wie auch internationalen Vergleich zeichnet sich die Region Berlin Brandenburg durch eine einmalige Bündelung von Kompetenzen in der grundlegenden und angewandten THz-Forschung und –Entwicklung aus.

Viele Ansätze zur Entwicklung von THz-Quellen, Komponenten und Systemen

Um THz-Technologie in neue Felder praktischer und kommerzieller Nutzung überführen zu können, gilt es derzeit, die dafür notwendigen Komponenten und Systeme sowie leistungsfähige Messmethoden zu entwickeln. Hier sind die Forschungseinrichtungen in Berlin und Brandenburg auf vielen Gebieten aktiv.

Das **Ferdinand-Braun-Institut (FBH), Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik**, baut derzeit seine THz-Aktivitäten systematisch aus, der Fokus liegt auf vollelektronischen Komponenten im Frequenzbereich bis 0,5 THz. Die technologische Basis dafür bildet ein Transferred-Substrate-Prozess mit Indium-Phosphid-Heterobipolartransistoren zur Herstellung integrierter Schaltungen. Dies wird ergänzt durch einen Messplatz zur On-Wafer-Messung bis 0,5 THz sowie die zugehörigen Design-Aktivitäten.

www.fbh-berlin.de/forschung/iiiv-elektronik/terahertz-elektronik

THz-Quantenkaskaskadenlaser aus GaAs/(Al,Ga)As
© PDI

Das **Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik (IHP)** konzentriert sich auf die Erforschung und Entwicklung von Technologien, Schaltkreisen und Systemen für mm-Wellen und THz-Anwendungen. Hierfür werden unter anderem komplexe SiGe-BiCMOS-Technologien entwickelt, die mit speziellen Silizium-Germanium-Heterojunction-Bipolartransistoren (HBTs) und Frequenzen von 0,5 bis 0,7 THz arbeiten. Zusammen mit den vom IHP entwickelten Elektro-Photonischen Technologien können so Höchstfrequenzschaltungen für die drahtlose sowie elektrische und elektrooptische Breitbandkommunikation realisiert werden.

www.ihp-microelectronics.com

Das **Paul-Drude-Institut (PDI) für Festkörperelektronik, Leibniz-Institut im Forschungsverbund Berlin e. V.** entwickelt Quantenkaskadenlaser (QCLs) für den THz-Bereich (2 bis 5,7 THz) basierend auf den Materialsystemen GaAs/(Al,Ga)As und GaAs/AlAs. Diese QCLs sind schmalbandige Strahlungsquellen und werden unter anderem für spektroskopische Anwendungen und bildgebende Verfahren, die am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt in Berlin entwickelt werden, eingesetzt. Am PDI werden die Laserstrukturen entworfen und mittels Molekularstrahlepitaxie hergestellt. Anschließend werden die QCL-Strukturen in Laserstreifen prozessiert und die Betriebsparameter mittels Fourier-Transform-Spektroskopie bestimmt.

www.pdi-berlin.de

THz-Spektrometer für den mobilen Einsatz

Das **Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Optische Sensorsysteme**, in Berlin entwickelt THz-Spektrometer auf der Basis von QCLs und elektronischen THz-Emittern und -Empfängern. Diese Spektrometer sind vielfältig einsetzbar: für die hochauflösende Molekülspektroskopie und den hochempfindlichen Nachweis von Spurengasen. Ein herausragendes Beispiel ist das THz QCL-Lasersystem, das vom DLR für SOFIA, das Stratosphärenobservatorium für Infrarot-Astronomie, entwickelt wurde. Es basiert auf einem QCL des PDI. Diese einzigartige Technologie ermöglicht einen neuen Blick in das Universum und erschließt neue Anwendungen jenseits der Astronomie. Für Anwendungen in der THz-Bildgebung, für die abbildende Spektroskopie und für Anwendungen in Sicherheit und Materialprüfung werden am DLR-Bildgebungsverfahren basierend auf einer Single-Pixel-Kamera und

THz-Lasersystem für das Stratosphärenobservatorium für Infrarot-Astronomie
© DLR

Compressed-Sensing-Methoden entwickelt. Darüber hinaus erforscht das DLR supraleitende THz-Detektoren. Hier stehen hochempfindliche nanostrukturierte Bolometer im Mittelpunkt. Die Technologie kommt auch bei der Detektion ultrakurzer (ps) THz-Pulse zur Anwendung.

www.dlr.de/os

Das Forschungsgebiet des **Fraunhofer-Instituts für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut, HHI** umfasst schnelle optoelektronische THz-Emitter und -Detektoren. Der Einsatz ausgereifter Technologien und Komponenten aus der Indium-Phosphid-basierten Telekommunikation ermöglicht die Herstellung robuster und leistungsfähiger THz-Systeme, die den Frequenzbereich von 0.1 bis 6 THz abdecken. Diese glasfaserbasierten Systeme haben sich in den letzten Jahren zum weltweiten Standard für optoelektronische THz-Systeme entwickelt, da viele Strahlquellen und Komponenten in hoher Qualität verfügbar sind. Die am Fraunhofer HHI entwickelten THz-Sender und -Empfänger werden dabei sowohl in der THz-Spektroskopie als auch zunehmend im Bereich der zerstörungsfreien Prüfung und Prozesskontrolle eingesetzt. Ein Beispiel ist die berührungslose Messung der Wanddicke von Kunststoffrohren während des Herstellungsprozesses mit einer Genauigkeit unterhalb von 10 µm. Auf Basis dieser Technologie hat das HHI 2016 erstmals einen integrierten, fasergekoppelten THz-Transceiver vorgestellt, der THz-Sender und THz-Empfänger auf einem einzigen Indium-Phosphid-Chip kombiniert. Diese Konfiguration ermöglicht THz-Reflexionsmessungen unter senkrechtem Strahleinfall, sodass sehr kompakte, robuste und leistungsfähige THz-Messköpfe hergestellt

THz-Modul für den mobilen Einsatz vom Fraunhofer HHI
© Fraunhofer HHI

werden können. Dies ist eine der wichtigsten Voraussetzungen für die Erschließung weiterer Anwendungsfelder für die THz-Technologie.

www.hhi.fraunhofer.de

Pyroelektrische THz-Detektoren, die ohne Kühlung auskommen, wurden in einer Kooperation zwischen der **Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB)** in Berlin und dem Unternehmen **SLT Sensor- und Lasertechnik GmbH** mit Sitz in Wildau entwickelt. Für diese Innovation hat das Entwicklerteam 2017 den Sonderpreis „Junges Unternehmen“ des AMA Verbands für Sensorik und Messtechnik e. V. erhalten. Als Alleinstellungsmerkmal weisen diese Detektoren eine gleichbleibende spektrale Empfindlichkeit im ganzen THz-Spektralgebiet auf und werden mit individuellem Kalibrierzertifikat der PTB von SLT weltweit erfolgreich vertrieben. Mit diesen Detektoren kann erstmals die THz-Leistung der am Fraunhofer HHI entwickelten THz-Emitter gemessen werden.

www.pyrosensor.de

Die **Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)** in Berlin beschäftigt sich mit potenziellen Einsatzmöglichkeiten von kommerziell verfügbaren zeitaufgelösten THz-Spektrometern (THz-TDS) für die spektroskopische Untersuchung von Dielektrika. Ihre anfänglichen THz-Aktivitäten auf dem Gebiet der spektralen Materialcharakterisierung von Flüssigkeiten, Brand und Gefahrstoffen wurde mit Fragestellungen zur kontakt- und zerstörungsfreien Materialprüfung für den Nachweis innenliegender Fehlstellen und Strukturaufbauten von planaren und sphärischen Objekten ergänzt. Für die Charakterisierung von Multischichten in planaren dielektrischen Kompositsystemen unter Verwendung der THz-TDS wurde ein THz-Time-of-Flight-Optical-Layer-Modell entwickelt, mit dessen Hilfe der Schichtenaufbau hinsichtlich der Materialdicke und Fehlstellen nach dem Abtasten eines dielektrischen Objektes bewertet werden kann. Für die zerstörungsfreie Prüfung dreidimensionaler dielektrischer Bauteile wurde die THz-TDS-SAFT-Tomographie entwickelt, mit der die inneren Aufbauten von Bauteilen nach dem Abtasten mit THz-Strahlung rekonstruiert werden können. Schwerpunkt dabei ist der visuelle Nachweis von Materialfehlern, wie zum Beispiel Poren oder Rissen in 2D- und 3D-Bildern. Die BAM fokussiert ihre Tätigkeit vor allem auf die Materialprüfung. THz-TDS soll für den Einsatz in der Industrie, in der zerstörungsfreien Prüfung von Polymeren, Keramiken und Hochleistungsmaterialien soweit ertüchtigt werden, dass sie eine Alternative zu den bereits bestehenden Prüfsystemen bietet.

www.bam.de/Navigation/DE/Ueber-die-BAM/Organisation/Organigramm/Praesident/Abteilung-8/fachbereich-83/fachbereich83.html

Kalibrierung und Standards

Die **Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)** in Berlin ist die weltweit einzige Stelle, an der die spektrale Empfindlichkeit von THz-Empfängern rückgeführt auf das SI bestimmt werden kann. Über diese Kalibrierdienstleistung mit einem THz-Molekülgaslaser werden im Frequenzbereich von 700 GHz bis 5 THz nicht nur die führenden Hersteller von THz-Detektoren, sondern vor allem Kunden in Forschung und Entwicklung von THz-Systemen und deren Anwender in der ganzen Welt bedient. Zusätzlich erlaubt ein weiterer Messplatz mit einem fasergekoppelten THz-TDS-System neuester Technologie des Fraunhofer HHI, optische Materialeigenschaften (Transmission, Reflexion und Absorption) im THz-Spektralbereich genau zu bestimmen. Die pyroelektrischen THz-Detektoren von SLT sind die Basis für ein erstes kalibriertes THz-Referenzmaterial, damit Anwen-

Pyroelektrische Messköpfe für THz-Strahlung
© SLT Sensor- und Lasertechnik GmbH

der Transmission und Reflexion präzise messen können. Darüber hinaus betreibt die PTB in Berlin-Adlershof den Elektronenspeicherring Metrology Light Source, der kohärente THz-Strahlung erzeugen kann. An einem dedizierten THz-Strahlrohr führt die PTB, teilweise im Rahmen von Kooperationen, spektroskopische Arbeiten im THz-Spektralgebiet durch.

www.ptb.de/cms/de/ptb/fachabteilungen/abt7/fb-73/ag-734.html

THz-Kalibriermessplatz mit THz-Kamera (1), Standard-Detektor (2) und „Device under Test“ (3), der vom THz-Laserstrahl (rote Linie) getroffen wird. Wenn der Goldbeschichtete Chopper (5) den Strahl unterbricht, misst der Monitor-Detektor (4) die THz-Leistung
© PTB

Zusammenarbeit wird gefördert

Für die internationale Forschung im Bereich der THz-Wellen ist Berlin ein beliebter Anlaufpunkt. Und auch innerhalb der Region selbst sorgt Zusammenarbeit für Erfolg im nationalen und internationalen Wettbewerb. Ein Beispiel dafür ist eine Kooperation der Berliner Firma **eagleyard Photonics GmbH** mit dem DLR, dem FBH, der Humboldt-Universität und dem PDI, die zum Ziel hatte, kompakte THz- Quantenkaskadenlaser für spektroskopische Anwendungen zu entwickeln. Aus dieser Kooperation ist das weltweit kompakteste THz-Lasersystem hervorgegangen.

Im Rahmen des Verbundprojekt **PolyPhotonics** wird am Fraunhofer HHI eine Technologieplattform entwickelt, die sich auch im THz-Bereich einsetzen lässt. Die Besonderheit ist hier das Material: Den Kern der Plattform bildet ein Chip mit optischen Wellenleitern aus Polymermaterial, der weitere passive Elemente wie Glasfasern, Dünnschichtfilter oder Mikrooptiken sowie aktive Bauelemente wie Photodioden oder Laserchips aufnehmen kann (siehe Kapitel 4.3 „Photonik für Kommunikation und Sensorik“).

www.polyphotonics-berlin.de

Jenseits von THz

… beginnt der Radarbereich. Was klassisch mit großen drehenden Antennen auf Flughäfen oder Schiffen verbunden wird, lässt sich inzwischen auf einem Mikrochip unterbringen. Entwickelt wurde eine derartige Technologie am IHP in Frankfurt (Oder) und kommerzialisiert durch die **Silicon Radar GmbH**. Deren Hochfrequenz-Schaltungen finden Einsatz in Radarlösungen, Phased-Array-Systemen und drahtlosen Kommunikationsanwendungen. Silicon Radar entwickelt kundenspezifische ASICs und Standardkomponenten im Frequenzbereich von 10 GHz (X-band) bis 200 GHz und darüber hinaus. Die miniaturisierten Radarsysteme, die zum Beispiel für genaue Abstandsmessungen oder auch für Füllstandsensoren genutzt werden können, wurden 2016 mit dem Brandenburger Zukunftspreis gewürdigt.

www.siliconradar.de

Ansprechpartnerin: Prof. Dr. Birgit Kanngießer

Handlungsfeldsprecherin Optische Analytik

Telefon: 030 31421428
E-Mail: Birgit.Kanngiesser@tu-berlin.de

Ansprechpartner: Prof. Dr. Norbert Esser

Handlungsfeldsprecher Optische Analytik

Telefon: 030 6392 3530
E-Mail: norbert.esser@isas.de

4.5 Biomedizinische Optik und Augenoptik: Photonik in den Lebenswissenschaften

Ob Prävention, Diagnostik, Therapie oder Analytik: Ohne optische Verfahren könnte die moderne Medizin nur einen Bruchteil dessen leisten, wozu sie fähig ist. Eine verlässliche Diagnostik ist in der Medizin unerlässlich, um therapeutische Erfolge erzielen zu können. Die genaue Analyse von chemischen Verbindungen, biologischen Makromolekülen bis hin zu Zellen und Mikroorganismen hat in den letzten Jahren viele neue Erkenntnisse ermöglicht. Die optischen Technologien Mikroskopie und Spektroskopie sind dabei Grundpfeiler des Fortschritts.

Dank neuer Verfahren in der Fluoreszenzmikroskopie lassen sich mittlerweile mehr Proben analysieren, als früher für möglich gehalten wurde. Der Chemie-Nobelpreis 2014 an William Moerner, Eric Betzig und Stefan Hell (Direktor am Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie in Göttingen) belegt den bahnbrechenden Charakter dieser Entwicklungen. Damit ist ein völlig neues Gebiet jenseits der Auflösungsgrenze erschlossen, das bereits in der biomedizinischen Grundlagenforschung, in Zukunft aber auch in der medizinischen Praxis neue Impulse setzt.

„Gerade in den optischen Technologien gibt es viele neue Entwicklungen und Trends. So ist die Lasertechnologie aus der Augenmedizin nicht mehr wegzudenken, es gibt neue bildgebende Verfahren sowie optische Messmethoden und dafür bilden wir in Berlin und Brandenburg die benötigten Fachkräfte aus.“

Prof. Dr. Justus Eichstädt | Handlungsfeldsprecher Biomedizinische Optik und Augenoptik, TH Brandenburg und Vorstandsvorsitzender des Laserverbund Berlin-Brandenburg e. V.

Forschen und Heilen

Optische Technologien in der Dermatologie und Krebstherapie

Als forschungsintensivstes Krankenhaus in Deutschland ist die Berliner **Charité Universitätsmedizin** sehr an der Erprobung neuer optischer und photonischer Technologien interessiert. In der Dermatologie lassen sich neue Technologien besonders schnell einsetzen. Hier muss nicht endoskopisch gearbeitet werden, sondern es lassen sich auch nicht miniaturisierte Geräte nutzen. Am **Center of Experimental and Applied Cutaneous Physiology (CCP)** erforschen Naturwissenschaftler und Mediziner sowohl Grundlagen der Dermatologie als auch neue medizinische Anwendungen.

www.ccp-berlin.org

Optische und photonische Methoden spielen inzwischen bei fast allen Forschungsvorhaben eine entscheidende Rolle. So gelang es dem Team um Professor Jürgen Lademann (dem Leiter des CCP) dank moderner Spektroskopie erstmals nachzuweisen, dass Nanopartikel auch durch Haarfollikel resorbiert werden können. Ein neues und international wachsendes Gebiet ist die Wundheilung mit kalten Plasmen. Solche Plasmen, die ungefähr Hauttemperatur besitzen, haben großes Potenzial, langwierige Wunden zu desinfizieren und einen Heilungsprozess überhaupt erst zu ermöglichen. Auch hier spielen spektroskopische Methoden zur Charakterisierung des gesamten Prozesses eine entscheidende Rolle.

Mithilfe von Raman-Resonanz-Spektrometrie konnten die Forscher um Professor Lademann schädliche Ausscheidungen von Chemotherapeutika bei Krebspatienten über die Haut quantifizieren. Dies ermöglicht neue Behandlungsmethoden dieser für die Patienten oft sehr unangenehmen Begleiterscheinung einer Chemotherapie.

www.derma.charite.de/metas/person/person/address_detail/lademann

Zum Schutz vor bösartigem Hautkrebs ist nicht zuletzt der Schutz vor Sonnenstrahlung von besonderer Wichtigkeit. Dabei wurde anhand von Absorptionsspektren festgestellt, dass nicht nur UV-Strahlung schädlich ist. Auch längerwellige Anteile im sichtbaren und infraroten Bereich des Lichts können den Stress für die Haut erhöhen, indem sie bei übermäßiger Sonnenexposition die Anzahl freier Radikale in die Höhe treiben.

Die **Magnosco GmbH** bietet ein optisches Analyseverfahren für malignen Hautkrebs. So ist eine nicht invasive und schmerzfreie Untersuchung von atypischen und dysplastischen Hautläsionen am Patienten möglich.

Gegründet wurde Magnosco schon 2014 durch den Mittelständler LTB Lasertechnik Berlin. LTB hatte das Verfahren zur Früherkennung von schwarzem Hautkrebs entwickelt, dabei wird mit Infrarotlaserlicht das Hautpigment Melanin zur Fluoreszenz gebracht. Die Fluoreszenz macht die molekulare Struktur von schwarzem Hautkrebs frühzeitig erkennbar.

www.magnosco.com

Die Multiphotonen-Tomographie der inzwischen auch in Berlin ansässigen **JenLab GmbH** ermöglicht die nicht invasive markerfreie In-vivo-Untersuchung der Haut mit der bislang höchsten räumlichen und zeitlichen Auflösung. Sowohl intra- als auch extrazellulare Strukturen lassen sich mit einer Auflösung von nur 300 Nanometern innerhalb von Sekunden auf dem Bildschirm darstellen. Dies verdankt sich der klinischen Multiphotonen-Tomographie, einer neuen Form der hochauflösenden Bildgebung mittels Femtosekunden-Laser. Damit werden einzelne Mitochondrien, Melanosomen und Zellkerne sowie das Elastin- und Kollagennetzwerk ohne jegliche Anfärbung dreidimensional in situ sichtbar.

www.jenlab.de

Optische Hautbiopsien können mit neuartigen Multiphotonen-Tomographen innerhalb von Sekunden gewonnen werden
© JenLab GmbH

Sowohl national als auch international nimmt die Charité in der medizinischen Bildgebung eine Vorreiterrolle ein. Dank der hervorragenden Geräteausstattung wird die Wertschöpfungskette im Bildgebungsbereich nahezu vollständig abgedeckt und wissenschaftliche Exzellenz und Verbundprojekte gefördert.

So bietet das **Berlin Experimental Radionuclide Imaging Center (BERIC)** als Core Facility der Fakultät zusammen mit der Klinik für Nuklearmedizin alle Modalitäten der modernen tierexperimentellen Hybridbildgebung mit Radiopharmaka an.

a b c

a) SPECT/CT einer Maus mit Natrium-Iodid-Symporter(NIS)-transfiziertem subkutanem Tumor (Tc-99m-Pertechnetat Uptake)
b) Tc-99m MDP Skelettszintigraphie einer Maus (links) und Quantifizierung
c) PET/MRT einer Ratte mit Lebertumor (unten: FDG Uptake)
© Berlin Experimental Radionuclide Imaging Center, Charité Universitätsmedizin – Berlin

Die molekulare Bildgebung mittels Single-Photon-Emission-Computed-Tomography (SPECT) und Positronen-Emissions-Tomographie (PET) mit entsprechenden radioaktiv markierten Tracersubstanzen ermöglicht mit hoher Sensitivität die nicht invasive quantitative Charakterisierung physiologischer und pathologischer Prozesse im Organismus, beispielweise zur Diagnostik von Tumoren, bei neurodegenerativen Erkrankungen inklusive Hirnperfusionsmessungen, bei Entzündungen oder bei metabolischen Erkrankungen wie Störungen des Knochenstoffwechsels. Das teilweise durch die DFG und den Zukunftsfond des Landes Berlin geförderte BERIC ist ausgerüstet mit einem modernen hochauflösenden Kleintier-SPECT/CT (nanoSPECT/CT plus, Bioscan/Mediso) und einem State-of-the-art Kleintier-PET/MRT (PET/MRI,

Mediso). Das BERIC steht als Core Facility generell auch für externe akademische Arbeitsgruppen sowie für Auftragsforschung zur Verfügung.

www.charite.de/forschung/service_fuer_forschende/forschungsinfrastruktur/bildgebung

Bildgebende Verfahren in der Neurologie

Das **Berlin Center for Advanced Neuroimaging (BCAN)** bietet eine Forschungsinfrastruktur für neurowissenschaftliche Bildgebung im Herzen Berlins. Das BCAN beherbergt zwei hochmoderne Siemens 32-Kanal 3-Tesla-Magnetresonanztomographen für kognitive, neurologische und psychiatrische Experimente.

www.berlin-can.de

Die Bildgebung des Gehirns ist eine Schlüsseltechnologie sowohl in der Grundlagen- als auch in der klinischen Schlaganfallforschung. Um die Probleme besser angehen zu können, wurde 2010 auf dem Charité Campus Virchow das **Small Animal Imaging Center** eröffnet. Neben klassischen Durchleuchtungsverfahren werden hier neu entwickelte Verfahren der Fluoreszenztomographie eingesetzt, um an Tiermodellen pathophysiologische Vorgänge zu untersuchen und die Wirksamkeit neuer Therapieansätze zu studieren.

Ermöglicht wurde das neue Zentrum durch die Zusammenarbeit von Charité und industriellen Partnern – und vorangetrieben vom **Imaging Netzwerk Berlin**. Das Netzwerk vereint wissenschaftliche Einrichtungen, unter anderem der Charité, Pharmaunternehmen, Großgerätehersteller sowie kleine und mittlere Unternehmen aus Berlin. Alle Akteure eint, dass sie in der medizinischen Bildgebung großes Potenzial für die Medizin der Zukunft sehen. Und mit ihr für die Region Berlin Brandenburg: Sowohl von der Geräteausstattung als auch von der wissenschaftlichen Exzellenz bilden die Akteure die Wertschöpfungskette der medizinischen Bildgebung ab.

www.imaging-netzwerk-berlin.de

Diagnose von Biofilm-Infektionen

Dabei ist das Imaging Netzwerk nicht die einzige Initiative, die sich in der Region um die Entwicklung optischer Verfahren für den Einsatz in der Medizin bemüht und Unternehmen und Forschungseinrichtungen vernetzt. So vereint **DiagnostikNet-BB** Diagnostik- und Gerätehersteller, Zulieferer und Anwender aus Kliniken und Routinelaboren sowie Forschungseinrichtungen der Region Berlin Brandenburg, um Innovationen im Bereich der In-vitro-Diagnostik zu fördern.

www.diagnostiknet-bb.de

Das BMBF hat das Verbundprojekt **iSOLID** ins Leben gerufen, um eine neuartige digitale Bilddiagnostik zur spezifischen Diagnose von Biofilminfektionen zu entwickeln. Denn zu den zehn häufigsten Todesursachen in Europa zählen Infektionskrankheiten. Viele dieser Infektionen werden durch Biofilminfektionen verursacht, die bislang nur schwer diagnostiziert werden können. Das Ziel von iSOLID („Integrated Solutions for Infection Detection“) ist die schnelle und sichere Erkennung solcher Infektionen mithilfe digitaler Bilddiagnostik und die Empfehlung einer geeigneten Therapie.

http://isolid.org

An diesem Verbundprojekt ist unter anderem das Biofilmzentrum des **Deutschen Herzzentrums Berlin** beteiligt. Spezifische Diagnosen von durch Biofilme verursachten Infektionskrankheiten sind mithilfe der „Fluoreszenz-in-situ-Hybridisierung“ (FISH) möglich. Diese diagnostische Methode basiert auf fluoreszenzmarkierten DNA-Sonden und vereint die Vorteile von Molekularbiologie, Fluoreszenzmikroskopie und Histologie. Das FISH-Verfahren nutzt jedoch sehr große Bilddatenmengen, deren Analyse aufwendig und komplex ist. Im Rahmen des iSOLID-Verbundprojekts soll deshalb eine digitale Methode der Bildanalyse zur automatischen Detektion und Quantifizierung von Mikroorganismen entwickelt werden.

www.dhzb.de/de/medizin_pflege/herz_thorax_und_gefaesschirurgie/forschung/biofilmzentrum

Optische Technologien erleichtern den Alltag im Rollstuhl
© Makea Industries GmbH

Optische Technologien im Alltag
Auch für eine bessere Integration von Menschen mit Behinderungen sollen optische Technologien in Zukunft einen wichtigen Beitrag leisten. Im Rahmen des Wettbewerbs „Light Cares“ wurden im **FabLab Berlin** 2016 zehn Projekte ausgezeichnet, die den Alltag für Menschen mit Behinderung leichter machen. Viele der hilfreichen Ideen kommen aus der Maker-Szene. Die Teilnehmer an dieser Do-it-yourself-Bewegung, die rund um den Globus Zulauf findet, nutzen digitale photonische Fertigungsverfahren wie 3D-Druck und Lasercutter. Zwei der zehn Sieger kamen aus Berlin, einer aus Potsdam – die anderen verteilen sich über das Bundesgebiet. Die **Makea Industries GmbH** aus Berlin überzeugte mit 3D-gedruckten, passgenauen Prothesen und frei herstellbaren Produkten für Rollstühle und konnte gleich zwei Preise gewinnen. Insgesamt entsteht eine digital zugängliche Open-Source-Lösung. Der **Wissenschaftsladen Potsdam** konnte mit dem Projekt „Fabricate Your Living Aid and Digital e. V. Transformation of Laboratories“ ebenfalls einen Preis erringen.

www.fablab.berlin

Neue Technologien für die Medizin

Auch die Mikroelektronik und die Biotechnologie sind in den letzten Jahren enger zusammengerückt. Der Prozess speist sich vor allem daraus, dass in beiden Wissensgebieten Methoden zur Aufklärung und Nutzung von nanoskaligen Strukturen entwickelt werden. Ausgehend von dieser Konvergenz hat sich das neue Fachgebiet der Bioelektronik formiert, das mit der Integration elektronischer Systeme in biologischen Umgebungen befasst ist und die Wechselwirkung zwischen diesen verschiedenen Materialwelten untersucht. Die wichtigsten Entwicklungen finden zurzeit auf dem Gebiet der Biosensorik statt, wo es die zunehmende Miniaturisierung ermöglicht, Mikrosensoren in biologische oder biotechnologische Systeme einzuführen. Hierzu betreiben die **TU Berlin** und das **IHP – Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik** ein **Joint Lab für Bioelektronik**.

www.bioprocess.tu-berlin.de/menue/joint_lab_bioelectronics

Um etwa die Gefährlichkeit von Tumoren oder die Konzentration von Substanzen im Blut wie Hämoglobin bestimmen zu können, sind präzise arbeitende optische Sensoren unerlässlich. Mehrere Firmen in Berlin und Brandenburg arbeiten an solchen Geräten, die im klinischen Alltag zuverlässig funktionieren müssen. Dazu gehört der Photometer-Spezialist **ROBERT RIELE GmbH & Co KG** ebenso wie **opTricon**, die patientennahe Diagnosegeräte produzieren.

www.riele.de
www.optricon.de

Am **Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut, HHI** werden auch kompakte Sensoren für biomedizinische Anwendungen entwickelt. Die Sensoren enthalten Chips aus Siliziumnitrid, die in großer Zahl zur Verfügung stehen. Sie können schnell und höchst empfindlich Moleküle in Flüssigkeiten, Gasen und Stäuben nachweisen. Alle biologischen Flüssigkeiten wie Blutserum, Vollblut, Harn, Speichel, Schweiß und weitere können mit diesem Messprinzip zur Analyse herangezogen werden. Auch Gase wie zum Beispiel Sprengstoffspuren (TNT) oder Giftgas können auf die Oberfläche der Chips gebracht und dort analysiert werden.

In Zusammenarbeit mit dem medizinischen Anwendungszentrum der Charité, den Firmen First Sensor AG und SCIENION AG soll das vorhandene Know-how vermarktet werden.

www.hhi.fraunhofer.de/abteilungen/pc.html

Im Juni 2017 konnte das Berliner Start-up **DiaMonTech GmbH** den renommierten Gründerpreis „Start me up!" des Wirtschaftsmagazins BILANZ gewinnen. Das Team um den Frankfurter Biophysiker Werner Mäntele hatte sich mit einem System zur nicht invasiven Blutzuckermessung durchgesetzt. Ihr Gerät hat derzeit noch die Größe eines Schuhkartons, aber schon bald soll es auf die Größe einer Armbanduhr reduziert und ebenso getragen werden.

www.diamontech.de

Die Berliner Firma **Humedics GmbH** hat sich auf die schnelle und präzise Messung der Leberfunktion über Analyse der Ausatemluft spezialisiert. Der Test kann direkt am Krankenbett eingesetzt werden und liefert Ärzten genaue Informationen für die Therapieentscheidung bei Leberinsuffizienz. Er kann so zu einer Verbesserung des Behandlungsergebnisses beitragen. Die Technologie wurde bereits bei Tausenden von Patienten eingesetzt und schon 2014 mit dem Innovationspreis Berlin Brandenburg geehrt.

www.humedics.eu

Ein weltweit aktiver Konzern mit Hauptsitz in Berlin ist die **W.O.M. World Of Medicine GmbH**. Sie bietet ein breites Produktportfolio für die minimalinvasive Medizin. Bei minimalinvasiven Eingriffen führen die OP-Teams je nach Bedarf durch kleine Einschnitte medizinische Technik wie Kameras und spezielle chirurgische Arbeitsinstrumente in den Körper ein. Um Chirurgen im Bauchraum, im Knie oder in der Schulter auch ohne direkte Sicht optimale Arbeitsbedingungen zu bieten, sind gute Kamerabilder notwendig sowie das richtige Licht. Die Optik-Experten von W.O.M. haben deshalb Lichtquellen – überwiegend auf LED-Basis – entwickelt, die in die Kamerasysteme integriert sind. Auf Monitoren sorgen beide zusammen für natürliche Farben und optimale Auflösung.

www.wom.group

Die **GETEMED Medizin- und Informationstechnik AG** ist spezialisiert auf das Monitoring in der kardiologischen Funktionsdiagnostik sowie auf das ambulante Vitalfunktions-Monitoring von Risikopatienten und Telemonitoring. Die **Medipan GmbH** bietet Radioimmunoassays für Untersuchungen der Schilddrüse sowie Tests zur Messung von Autoantikörpern für Diabetes Typ 1. Mithilfe der Immunfluoreszenz lassen sich außerdem Autoimmunerkrankungen nachweisen. Fluoreszenzmarker erlauben die schnelle Messung von DNA-Schäden und -Reparaturprozessen.

www.getemed.net
www.medipan.de

Damit die Ärzte sich im Innern des Körpers gut zurechtfinden, benötigen sie hochwertige Endoskope – eine Spezialität des Adlershofer Unternehmens **MGB Endoskopische Geräte GmbH**. Von den geeigneten Lichtquellen bis zur Kamera liefert die Firma Systeme für viele Arten von medizinischen Anwendungen. Die **Micon Medizintechnik GmbH** bietet alle Arten von Zubehör für die Endoskopie. Von Lichtquellen über Pumpen bis zu Kameras reicht das Portfolio. Zum Angebot der **Schlegel Medizintechnik GmbH** gehören sowohl Endoskope als auch Mikroskope und eine Reihe anderer Instrumente für die Diagnostik. Darüber hinaus bietet das Unternehmen auch Software zur Visualisierung und Datenverarbeitung an.

www.mgb-berlin.de
www.micon.info
www.schlegel-medtec.de

In Silikon eingehaustes Biosensorimplantat
© IHP – Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik

Ebenfalls an der Unterstützung bei chirurgischen Eingriffen arbeitet die **Scopis GmbH**. Das Berliner Unternehmen entwickelt und vermarktet laserbasierte, endoskopische Navigations- und Messsysteme für die minimalinvasive Chirurgie. Mithilfe der holografischen Navigation lässt sich der Ort von Instrumenten auch ohne direkte Sicht des Operateurs bildlich darstellen. Scopis-Systeme arbeiten mit Augmented Reality, sie ermöglichen also die präoperative Planung von anatomischen Strukturen und deren intraoperative Einblendung direkt in das Endoskopiebild. Auch die **Fiagon GmbH** entwickelt neue Konzepte zur computergestützten Chirurgie, unter anderem mithilfe elektromagnetischer Navigation. Damit lassen sich chirurgische Instrumente direkt an der Spitze tracken.

www.navigation.scopis.com
www.fiagon.de

Die **Xion GmbH** bietet komplette Endoskopiesysteme für die unterschiedlichsten Bereiche der minimalinvasiven Chirurgie, Endoskope, Kameras und Beleuchtungssysteme sowie die Software für Analyse, Bearbeitung und Archivierung. Auch die **Karlheinz Gutsche GmbH** produziert mikrooptische Komponenten für Endoskope.

www.xion-medical.com/de
www.gutsche-feinoptik.de

Mit Analysetechnik für Fluoreszenzspektroskopie und Gewebediagnostik befasst sich dagegen die **IOM Innovative Optische Messtechnik GmbH**, die ihren Sitz ebenfalls in Berlin hat. So bietet sie faseroptische Fluoreszenzspektrometer mit Nanosekunden-Zeitauflösung an. Auch zur hochselektiven Stoffwechselanalyse in Gewebe- und Zellkulturen kann IOM-Technologie verwendet werden. **Nano Bio Analytics** hat sich auf optische Spektrographen, Prozess-Raman-Systeme und Mikropartikel-Sensorsysteme spezialisiert.

www.iom-berlin.de
www.nanobioanalytics.com

Das Potsdamer Start-up **Colibri Photonics** wiederum entwickelt und fertigt optische Sensorsysteme für die Sauerstoffmessung. Auf diese Weise kann ein dreidimensionales Bild der Sauerstoffverteilung erstellt werden. Die Sauerstoffverteilung kann damit während des Wachstumsprozesses genau kontrolliert und mit geeigneten Regelungsmechanismen den unterschiedlichen Bedürfnissen einzelner Zelltypen angepasst werden. Eine breite Palette von Mikroskopen hat **ASKANIA Mikroskop Technik Rathenow GmbH** im Angebot. Die Mitarbeiter entwickeln, konstruieren und bauen lichtmikroskopische Sonderlösungen für Messgeräte zur Qualitätssicherung in Industrie und Forschung.

www.colibri-photonics.com
www.askania.de

Das **Ingenieurbüro Dr. Türck** ist ein Dienstleister im Bereich der Optikentwicklung und der Datenanalyse – von der ersten Konzeptphase über die Berechnung und Konstruktion bis hin zu Toleranzanalysen und Vorbereitung für die Fertigung. Dazu gehören auch optische Messverfahren für die Medizin, etwa die Entwicklung eines neuen Point-of-Care-Messgeräts für die medizinische Diagnostik. Durch einen sogenannten Model-Based Design-Ansatz wird die Übergabe komplexer Spezifikation zwischen Algorithmen- und Firmware-Entwicklung vermieden, wodurch die Fehleranfälligkeit sinkt und die Entwicklungsgeschwindigkeit vom Konzept zum fertigen Produkt erheblich steigt.

www.tuerck-optik.de

Die **NIRx Medizintechnik GmbH** ist Spezialist für funktionelle Nahinfrarotspektroskopie (fNIR, Functional Near-Infrared Spectroscopy). Mit den Geräten der Firma lassen sich tomographische Aufnahmen in stark streuenden Medien wie dem Gehirn durchführen und es eröffnen sich neue Möglichkeiten für das Neuroimaging.

www.nirx.net

Die Dentalmikroskope der **dentaZOOM GmbH** hingegen vereinen eine hohe Vergrößerung mit einer exzellenten Beleuchtung auf kleinstem Raum.

www.dentazoom.de

Großforschung für die Medizin der Zukunft
Im **Fraunhofer-Verbund Life Sciences** haben sich gleich sieben Fraunhofer-Einrichtungen zusammengeschlossen: die Fraunhofer-Institute für Biomedizinische Technik **IBMT,** Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik **IGB,** Molekularbiologie und Angewandte Ökologie **IME,** Toxikologie und Experimentelle Medizin **ITEM,** Verfahrenstechnik und Verpackung **IVV**, Zelltherapie und Immunologie **IZI** (mit Standort in Golm) sowie die Fraunhofer-Einrichtung für Marine Biotechnologie und Zelltechnik **EMB.** Der Verbund arbeitet an einer ganzen Reihe medizinischer Fragen, unter anderem an biohybriden Testsystemen mit spezifischen Sensoren für optische und akustische Bildgebungssysteme.

www.lifesciences.fraunhofer.de

Ein ganz neues Beschleunigungsprinzip macht seit einigen Jahren von sich reden: Bei der sogenannten lasergetriebenen Kielfeld-Beschleunigung (englisch laser wakefield acceleration) jagt man einen hochintensiven Laserpuls in ein geeignetes Plasma. Dadurch entsteht eine kleine Welle, die sich schnell durch das Plasma bewegt und in der enorme elektrische Feldstärken herrschen. Dies wiederum beschleunigt die Elektronen im Plasma zu hohen Energien. Diese Technologie bietet die Möglichkeit, auf kleinem Raum Teilchenbeschleuniger für Protonen oder Ionen zu bauen, für die man bislang sehr viel größere Geräte brauchte. Unter anderem am **Max-Born-Institut für Nichtlineare Optik und Kurzzeitspektroskopie** arbeiten Wissenschaftler an solchen Apparaten, mit denen in Zukunft präzise Tumorbestrahlungen möglich sein sollen.

www.mbi-berlin.de

Bioanalytik

Die genaue Analyse von chemischen Verbindungen, biologischen Makromolekülen bis hin zu Zellen und Mikroorganismen ist heute eine wichtige Aufgabe in verschiedenen Bereichen von Wissenschaft, Industrie und Medizin. Typische Technologien dafür sind mikro- und spektroskopische Verfahren. Besonders populär gerade bei einer Vielzahl von biologischen Proben ist die Hochleistungsflüssigkeits-Chromatographie (HPLC) mit UV- oder Fluoreszenzdetektoren.

Ein Beispiel ist die **KNAUER Wissenschaftlicher Gerätebau GmbH**. Das Hauptgeschäftsfeld von KNAUER liegt in der Entwicklung und Produktion von Systemlösungen für die Flüssigkeitschromatografie. Das Produktportfolio beinhaltet UHPLC-Systeme, Biochromatografiesysteme und Systeme zur Probenvorbereitung. Die angebotenen HPLC-Lösungen für die Probenaufreinigung erstrecken sich von der präparativen HPLC bis hin zu Simulated Moving Bed (SMB) Chromatografie.

www.knauer.net

Laborgerät CytoFa für roboterbasiertes Flüssigkeitshandling
© pi4_robotics GmbH

Die Automatisierung spielt auch in der Medizintechnik oder der Pharmaindustrie eine bedeutende Rolle. Dazu gehören beispielsweise Pipettieraufgaben oder auch die optische Analyse biologischer Proben. Das Analysesystem CytoFa der **pi4_robotics GmbH** vereint das roboterbasierte Flüssigkeitshandling mit einer automatisierten Bildaufnahme biologischer Proben in einem kompakten Laborgerät. CytoFa beherbergt ein motorisiertes Mikroskop mit hochauflösender Kamera und einem 3-Achs-Roboter mit zusätzlicher Drehachse für das Flüssigkeitshandling. Durch die räumliche Abgeschlossenheit und eine integrierte Temperaturregelung ist CytoFa besonders für das Handling von licht- und temperaturempfindlichen Materialien geeignet. In der Steuerungssoftware können entsprechend der Konfiguration des Mikroskops verschiedene Beleuchtungs- und Kontrastverfahren eingestellt und diese in den automatisierten Ablauf integriert werden. Somit sind zum Beispiel auch Fluoreszenzaufnahmen von biologischen Proben möglich.

www.pi4.de

Am **Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik (FBH)** werden Laserstrahlquellen für die Ramanspektroskopie entwickelt. Dazu gehören Diodenlaser, die aus einem Chip Licht mit zwei Wellenlängen im festen Abstand von etwa 1 nm emittieren. Dadurch eignen sie sich ideal für die „Shifted Excitation Raman Difference Spectroscopy (SERDS)“. Mithilfe von SERDS lassen sich die Ramansignale vom störenden Hintergrund wie Fluores-

zenz oder Umgebungslicht klar trennen. In Verbindung mit Mikrooptiken erlauben die Laser geringe Baugrößen, was auch in der Medizin mobile Anwendungen ermöglicht. Das FBH nutzt diese Technologie unter anderem, um Strahlquellen im gelben Wellenlängenbereich bereitzustellen.

www.fbh-berlin.de

2003 wurde die Firma **sglux GmbH** von Wissenschaftlern und Technikern aus dem Fachgebiet der optischen Halbleiterentwicklung gegründet. Sie sind Experten für UV-Strahlung und produzieren Komponenten zur Messung ultravioletter (UV) Strahlung. Neben Wasserwerken gehört die Getränkeindustrie zu den Kunden von sglux. Die Sensoren werden aber auch bei Geräten der Dialyse, zur Überwachung von Heizbrennerflammen und für die Messung des UV-Anteils in der Sonnenstrahlung eingesetzt. Sglux ist auch Mitglied im Konsortium UV For Life, das sich mit der Entwicklung von UV LED befasst (siehe Kapitel 4.2 „Lichttechnik“).

www.sglux.de

RF-KombiSCAN als Laborgerät
© Fraunhofer IZM

Mobile Analysetechnik wird auch am **Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM** entwickelt. Der RF-KombiSCAN ist in der Lage, durch unterschiedliche Bestrahlungswellenlängen verschiedene Stoffe in ihrer Menge und Zusammensetzung zu bestimmen. In diesem neuartigen, tragbaren, optischen Handmessgerät wird das Messverfahren durch die Integration von Fluoreszenz- und Ramanspektroskopie stark vereinfacht und beschleunigt. Der mobile Scanner kann sowohl als Laborforschungsgerät als auch in der industriellen Anwendung eingesetzt werden.

www.izm.fraunhofer.de

Chemische Reaktionen und Trennoperationen in flüssigen Systemen laufen oft diffusionskontrolliert ab. Eine Verkleinerung der Reaktionssysteme („lab-on-a-chip“) kann daher die Reaktionszeit und darüber hinaus auch den Probenverbrauch deutlich verringern und so medizinische Analysen stark vereinfachen. Mikrochips mit einer Gesamtgröße von nur wenigen Quadratzentimetern eröffnen die Möglichkeit, mehrere funktionale Reaktionseinheiten auf kleinstem Raum zu integrieren. Am **ISAS – Leibniz-Institut für Analytische Wissenschaften** werden entsprechende Methoden und Aufbauten erforscht. In Verbindung mit schnellen und sensitiven Detektionsmethoden kann ein vollständig miniaturisiertes Analysensystem („Miniaturized Total Analysis System, µTAS“) aufgebaut werden, in dem Probeninjektion, Auftrennung und Detektion automatisiert erfolgen können.

www.isas.de

Fluoreszenz in vivo Imaging

Das Prinzip des Fluoreszenz in vivo Imaging basiert auf den Eigenschaften von Fluoreszenz-Farbstoffen, die bei Bestrahlung mit bestimmten Wellenlängen angeregt werden und aus dem angeregten Zustand Fluoreszenz emittieren. Für die Aufnahme der Emission bietet die **greateyes GmbH**, ein Berliner Spezialist für hochauflösende Kameras, eine besonders im nahen Infrarot empfindliche Kamera an. Anwendung findet das Fluoreszenz in vivo

Streulichtbild (links), überlagert mit dem Fluoreszenzsignal der Kamera GE 1024 1024 DD NIR (rechts)
© greateyes GmbH

Imaging zum Beispiel bei der Detektion von Krebszellen in Lymphknoten. Ein intravenös applizierter Farbstoff reichert sich im Lymphknotengewebe an. Die Detektion der schwachen Fluoreszenz, die das Gewebe durchdringt, erfordert eine hochempfindliche Kamera und die Zuhilfenahme eines speziellen Filters.

www.greateyes.de

Zeitaufgelöste optische Nanoskopie

Das **Fachgebiet Bioenergetik** im Institut für Chemie der TU Berlin wendet Mikroskopie und Spektroskopie, elektrophysiologische Methoden und deren Kombination mit optischen Methoden in lebenden Zellen an. Weitfeld-Fluoreszenzmikroskopie mit hoch orts- und zeitauflösenden Einzelphotonendetektoren für Multikanal-FLIM-Messungen ermöglichen die ortsaufgelöste Mikroskopie dynamischer Prozesse und eine simultane Fluoreszenzkorrelationsspektroskopie in jedem Bildpunkt mit 100 ps zeitlicher Auflösung bei einer Messdauer von 10 µs. Diese Techniken sprengen bisherige Grenzen in Präzision, Parallelisierung und Geschwindigkeit und haben ein besonders hohes Anwendungspotenzial in Industrieprojekten. Dies betrifft insbesondere Anwendungen in der pharmazeutischen Wirkstoffforschung und zellbasierten Diagnostik.

www.bioenergetik.tu-berlin.de

Im Verlauf eines Forschungsprojektes zur zeitaufgelösten optischen Nanoskopie wird dort ein Weitfeld-Fluoreszenzmikroskop mit höchster Orts- und Zeitauflösung zur Durchführung nanoskopischer Fluoreszenzexperimente mittels zeit- und ortskorrelierter Einzelphotonendetektion aufgebaut. Die Technik wird durch die Bezeichnungen „TSCSPC“ bzw. „FLIN” charakterisiert, die für „time- and space-correlated single photon counting“ (zeit- und ortskorrelierte Einzelphotonenzählung) bzw. „fluorescence lifetime imaging nanoscopy“ (Bildgebendes nanoskopisches Verfahren auf der Grundlage der Messung von Fluoreszenzlebensdauern) stehen. Damit kann zum Beispiel die Fluoreszenz-Lebensdauer-Verteilung photosynthetisch wirksamer Proteine in einzelligen Organismen mit zuvor unerreichter Präzision detektiert werden, um wichtige regulatorische Prozesse bei der Photosynthese zu untersuchen. Anhand biologischer oder chemischer Referenzstrukturen soll ausgelotet werden, inwieweit die Technologie dazu geeignet ist, die Beugungsbegrenzung der Ortsauflösung bei optischen Mikroskopieverfahren zu durchbrechen.

Ein führender Hersteller für Einzelphotonendetektoren ist die **Becker & Hickl GmbH**. Das ebenfalls in Berlin ansässige Unternehmen bietet nicht nur hocheffiziente Detektoren an. Es liefert auch Pikosekundenlaser und Analysesoftware sowie ein eigenes konfokales Fluoreszenzmikroskop.

www.becker-hickl.de

Lasertechnik in der medizinischen Therapie

Für den Chirurgen kann Licht mehr als nur zur Orientierung zu dienen. Es lässt sich auch als Werkzeug nutzen – so wie Laserlicht, das bei immer mehr Operationen zum Einsatz kommt. Mit der **Newport Spectra-Physics GmbH** ist im brandenburgischen Stahnsdorf eines der weltweit größten Unternehmen in diesem Bereich mit einer deutschen Niederlassung ansässig. In Stahnsdorf werden vor allem diodengepumpte Femtosekundenlaser entwickelt und produziert. Neben dem industriellen Einsatz liegen ihre Anwendungsgebiete auch in den Bereichen Life und Health Science, Mikroskopie und Biotechnologie. Die ultraschnellen Laser eignen sich sowohl für Augen-LASIK als auch für die Präzisions-Laser-Chirurgie.

www.spectra-physics.com

Bei der Zertrümmerung von Gallen- und Nierensteinen haben sich Lasersysteme ebenfalls als gute Alternative zu anderen Behandlungsmethoden erwiesen. In der klinischen Praxis zeigen sich hier auch interessante, unerwartete Effekte: So eignen sich bestimmte Lasertypen besser für den asiatischen Markt, weil die Steine aufgrund der unterschiedlichen Essgewohnheiten dort dunkler sind als in westlichen Ländern und dementsprechend ihr Absorptionsmaximum bei anderen Wellenlängen liegt.

Das Berliner Unternehmen **Limmer Laser GmbH** ist auf die Entwicklung und Fertigung von medizinischen Lasern spezialisiert. Die Produkte des Hauses kommen in nahezu allen Fachdisziplinen der Human-, Dental- und Tiermedizin zum Einsatz. Das Angebot reicht von klassischen CO_2-Lasern über Diodenlaser bis hin zu Spezialgeräten. Limmer Laser hat inzwischen auch CO_2-Laser der vierten Gene-

ration im Angebot, die mit hohen Leistungen bei scharfem Strahldurchmesser überzeugen.

www.limmerlaser.de

Hinzu kommen Firmen, die Peripherie und einzelne Bauteile für Laser, spektroskopische Systeme und andere diagnostische und therapeutische Anwendungen von optischen Prinzipien in der Medizin entwickeln und herstellen.

Die **Berliner Glas Gruppe** ist eines der weltweit führenden Unternehmen, wenn es um präzise optische Komponenten, optomechanische und elektrooptische Module, Baugruppen und Systeme geht. Gefertigt und montiert wird weltweit – in Deutschland, der Schweiz und China. Die Berliner Glas Gruppe treibt die stetige Weiterentwicklung in der Medizintechnik mit voran. Die Produkte und Lösungen sind vor allem in den Healthcare-Marktsegmenten Dentalheilkunde, Endoskopie und Augenheilkunde sowie im Bereich Life Sciences zu finden.

Berliner Glas stellt viele unterschiedliche optische Systeme her: von der Prismenbaugruppe über Strahlführungssysteme bis zu RGB-LED Kaltlichtquellen für die Endoillumination, die Endoskopie und die minimalinvasive Chirurgie.

www.berlinerglas.de

Die FCC FibreCableConnect GmbH fertigt Laserkabel und andere faseroptische Verbindungen, vor allem für Spektroskopie, Biotechnologie und Medizin. Besonders versteht man sich auf die Entwicklung von Prototypen nach

Justierung und Verkleben einer Prismenbaugruppe
für Kamerasysteme in der Medizintechnik
© Berliner Glas KGaA

Medizinische Glasfaser zur Laserbehandlung von Gefäßkrankheiten mit inversem Kegel zur seitlichen optischen Abstrahlung (ohne Kappe)
© Fraunhofer IZM

speziellen Kundenanforderungen und die Überführung der Technik in die Serienfertigung. Zum Spektrum gehören Hochleistungsfaserkabel für die Industrie, Übertragungsfaserkabel für die Medizin, optische Faserbündel und Sonden für die Spektroskopie sowie optische Faserkoppler.

www.fibrecableconnect.de

Die **OBERON GmbH Fiber Technologies** entwickelt und produziert faseroptische Bündel, Verzweiger, Sonden und Kabel mit unterschiedlichen numerischen Aperturen, Beschichtungen und Ummantelungen zur Anwendung in den Wellenlängenbereichen UV-VIS-NIR im Bereich 190 nm bis 2200 nm. Für die unterschiedlichen Anwendungen in der Spektroskopie, Sensorik und Analysetechnik stellt OBERON mehrarmige Faserbündel, Querschnittswandler, Reflexionssonden, Transmissionssonden und Vakuumdurchführungen her.

www.oberonfiber.com

Die **Loptek GmbH & Co. KG** gehört ebenfalls zu den Unternehmen der Region, die sich mit Faseroptiken, Fasersonden und optischen Messköpfen für den Einsatz in Medizin und Biotechnologie befassen. Loptek berät seine Kunden aktiv bei der Auslegung faseroptischer Systeme, bei individuellen Konstruktionsleistungen sowie kompletten Neuentwicklungen. Die **escotec Lasertechnik GmbH** bietet lasergefertigte Mikroverbindungen, vor allem von Edelstahl und Titan.

www.loptek.de
www.escotec.com

Im März 2017 wurde die **CLS GmbH** als deutsche Tochtergesellschaft des schwedischen Unternehmens **Clinical Laserthermia Systems AB** in Berlin-Adlershof gegründet. Der Fokus in Berlin liegt dabei auf der Entwicklung und Produktion von diffus abstrahlenden Lichtleitfasern, die ins Tumorgewebe eingeführt werden und dort mit Laserlicht das Tumorgewebe thermisch zerstören. In Europa laufen derzeit klinische Studien – auch zur Immunantwort nach Lasertherapie.

Dabei wird unter präziser Kontrolle mit Magnetresonanztomografie (MRT) das äußere Gewebe des Tumors so weit erhitzt, dass die Krebszellen verzögert absterben und Antigene freigesetzt werden. Das Immunsystem des Patienten wird aktiviert, sodass im Körper zirkulierende Tumorzellen außer Gefecht gesetzt werden und sich keine Metastasen mehr bilden können. Die Methode eignet sich zur Behandlung von soliden Weichteiltumoren etwa Bauchspeicheldrüsen-, Prostata- oder Nierenzellkrebs sowie von Metastasen in Leber und Lunge.

www.clinicallaser.se/en/

Innovative Brillentechnologie in Berlin und Brandenburg

Kompetenzen in der Augenoptik

Wohl nirgendwo sonst ist die Verbindung zwischen optischen Komponenten und Therapie enger als in der Augenoptik. In Rathenow stand die Wiege der optischen Industrie Deutschlands. Vor über 210 Jahren erfand Johann Heinrich August Duncker hier die Vielschleifmaschine. Heute arbeiten rund 1.300 Menschen in Rathenow in diesem Bereich. An diesem Standort sind neben dem Global Player Fielmann rund 25 kleine und mittlere Unternehmen in der Optik tätig. Bei der **Fielmann AG** in Rathenow arbeiten rund 1.000 Menschen. Der Brillen-Multi ist das Mutterunternehmen der Rathenower Optik GmbH und am Standort mit einem Produktions- und Logistikzentrum vertreten. Im Zweischichtbetrieb liefert man im Schnitt pro Tag mehr als 19.000 Gläser und wickelt mehr als 56.000 Aufträge ab.

www.fielmann.de

Doch Rathenow definiert sich auch über die kleineren, spezialisierten Unternehmen. Etwa die **OPTOTEC Optotechnischer Gerätebau GmbH**, die sich auf die Herstellung augenoptischer Werkstatttechnik spezialisiert hat. Und auch wer Wert auf Exklusivität legt, wird in Rathenow bei Unternehmen wie der **MOM GmbH** fündig, wo man mit modernster Lasertechnik Brillengestelle aus Titan fertigt.

www.optotec-shop.eu
www.mom-gmbh.de

Ophthalmica Brillengläser GmbH & Co. KG ist eine Brillenglas-Rezeptschleiferei, die eine Vielzahl von Kunststoff- und Mineralgläsern anbietet. Spezialgläser hat **Obrira Optik Brillen Rathenow** im Angebot: Von Lupenbrillen über Fernrohrbrillen und Spiegelbrillen bis hin zu Refraktionsgläsern reicht das Sortiment. Ebenfalls aus Rathenow und auf Sonderlinsen spezialisiert ist die **SOLIRA Sonderlinsen GmbH Rathenow**. Sie liefert auch hohe Dioptrienstärken und beherrscht besondere Schleifarten.

www.ophthalmica.eu
www.obrira.de
www.solira.de

Deutsche und japanische Stilelemente bringt die **Aoyama Optical Germany GmbH** zusammen. Pro Jahr vertreibt der Anbieter von Fassungen rund 300.000 Brillen – nicht nur in Deutschland, sondern in Ländern Skandinaviens, Ost- und Mitteleuropas. Hergestellt werden die Gestelle in Japan (Titan) und Rathenow (Azetat).

www.aoyama-optical.de

Einen unüblichen Werkstoff nutzt die Holzbrillenmanufaktur **Pewen Frames**, die ebenfalls in Potsdam ansässig ist. Großen Wert auf ein gutes Preis-Leistungs-Verhältnis legt die **SuperVista AG** aus Wildau als Betreiber des Internetangebots www.brillen.de.

www.pewen-frames.com
www.brillen.de

Dank schraubenlosem Gelenk können Brillen sekundenschnell per Hand und ohne zusätzliche Werkzeuge zerlegt und wieder zusammengebaut werden (aktueller Weltrekord liegt bei 3,3 Sekunden)
© ic! berlin brillen GmbH

Auch in Berlin ist viel augenoptische Kompetenz vorhanden. Das start-upfreundliche Klima hat zu einer Reihe von Neugründungen geführt, die inzwischen erfolgreich am Markt agieren.

ic! berlin brillen gmbh fertigt und vertreibt schraubenlose Brillen und Sonnenbrillen in Berlin mit einem Team von 140 Mitarbeitern (Stand 2016). Der weltweite Erfolg kann sich sehen lassen, so trägt inzwischen jeder achte Brillenträger in Taiwan ein Gestell von ic! Berlin.

www.ic-berlin.de

Wie ic! Berlin wurde auch die **MYKITA GmbH** 2003 gegründet. Das Markenprodukt ist ein schraubenloses Brillengestell, das inzwischen in 80 Länder vertrieben wird. Der Hauptsitz des Unternehmens mit 400 Angestellten (2016) ist in Berlin Kreuzberg, wo Designer, Optiker, Marketingstrategen und Techniker in ihrer Brillenmanufaktur arbeiten. 2016 konnten sie mit der Integration von 3D-Scan und additiver Fertigung des Gestells einen neuen Meilenstein in der Brillenfertigung setzen.

www.mykita.com

Individuelles Design steht auch im Mittelpunkt der **Mister Spex GmbH**. Mr Spex ist nach eigenen Angaben der größte Online-Optiker in Europa. Mit einer eigenen Optikerwerkstatt und einem Partnernetzwerk von über 500 lokalen Augenoptikern bietet der Online-Optiker alle Vorteile des elektronischen und des lokalen Handels aus einer Hand.

www.misterspex.de

Diagnose und Behandlung von Augenerkrankungen

Im Bereich Medizin und Life Sciences gibt es kaum einen Bereich, in dem Firmen und Forschungseinrichtungen nicht vertreten sind. Die breite Menge an Kompetenzen spiegelt die Dynamik der Region sehr gut wider. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler arbeiten bereits an den Technologien von morgen, um erkrankten Menschen eine Heilung zu ermöglichen und die Grenzen des Machbaren immer noch ein Stückchen weiter zu schieben.

Etwa bei **Oculentis GmbH**, wo man sich auf Intraokularlinsen spezialisiert hat – künstliche Augenlinsen, die im Krankheitsfall implantiert werden. Anwendungsgebiete für die Linsen, die unter dem Produktnamen „Lentis“ vermarktet werden, sind Erkrankungen wie Grauer Star, Hornhautverkrümmung oder Altersweitsichtigkeit. Seit der Gründung 1995 konnte sich das Familienunternehmen mit seinen innovativen ophthalmologischen Produkten international einen Namen machen.

www.oculentis.com

In Adlershof ist die **Rayner Surgical GmbH** ansässig. Rayner ist ein britisches Unternehmen und der einzige Hersteller von Intraokularlinsen im Vereinigten Königreich. In Berlin betreibt Rayner eine Niederlassung für Vertrieb und Marketing in Deutschland und Österreich.

Rayner entwickelt und fertigt Intraokularlinsen und unternehmenseigene Injektor-Systeme für die Anwendung in der Kataraktchirurgie. Als Sir Harold Ridley 1949 die weltweit erste IOL entwickelte, entschied er sich für Rayner als Hersteller seiner bahnbrechenden Erfindung.

www.rayner.com

Die **Carl Zeiss Meditec AG** ist ebenfalls im Bereich chirurgische Ophthalmologie in Berlin vertreten. Am Standort in Berlin entwickelt und fertigt die Carl Zeiss Meditec AG Intraokularlinsen (IOL), die Patienten zur Wiederherstellung der Sehkraft im Rahmen einer Kataraktoperation implantiert werden. Ein neues Schulungs- und Trainingszentrum für Kataraktchirurgen erweitert das Angebot.

www.zeiss.de/meditec/home.html

Die Untersuchung und Diagnostik von Augenbewegungen und den entsprechenden Störungen liefert über die Augenheilkunde hinaus wichtige Informationen zu verschiedenen Erkrankungen. Eine umfassende Analyse aller drei rotatorischen Augenbewegungen ermöglicht der Chronos Eye Tracker (C-ETD) der Firma **CHRONOS VISION GmbH**. In der refraktiven Chirurgie (zum Beispiel Lasik-Verfahren) werden präzise Echtzeitmessungen der Augenposition benötigt. Während der Laseroperation wird die vom Eye Tracker ermittelte Augenposition an die Steuerung des Lasers weitergeleitet, um die vorgesehene Linsenkorrektur optimal zu erreichen. Durch das sehr schnelle Tracking wird das Ergebnis des Eingriffs optimiert und die Behandlungszeit zugunsten des Patienten verkürzt.

www.chronos-vision.de

Auch **SMI SensoMotoric Instruments, Gesellschaft für innovative Sensorik mbH** ist auf das Augen-Tracking spezialisiert. Der Schwerpunkt von SMI liegt allerdings auf Remote-Anwendungen, virtueller Realität und multimodaler Forschung. **Roland Consult Stasche & Finger GmbH** wiederum ist Spezialist für Elektrophysiologie und Bildgebung. Mit den Instrumenten der Firma lassen sich unter anderem Augenkrankheiten und Sehprobleme aufklären.

www.smivision.com
www.roland-consult.de

Die **ALCON Pharma GmbH** (Novartis AG) hat vielfältige Lösungen für die Behandlung von Augenerkrankungen im Angebot. Lasersysteme für die Augenchirurgie entwickelt und produziert deren Tochterfirma **WaveLight GmbH**. Spezielle Diagnosesysteme und innovative Augen-Tracking-Lösungen gehören zu den Kompetenzen der Firma am Standort Teltow.

www.de.alcon.com
www.wavelight.de

Spezialisiert auf Netzhautlaser ist die **OD-OS GmbH** mit dem Navilas-Lasersystem. Damit ist das gesamte Spektrum der Netzhautbehandlungen durch Laserfotokoagulation möglich, von diabetischem Makulaödem bis hin zur Behandlung von Netzhautrissen und -löchern. Auch die australische Firma **Ellex Deutschland GmbH** (mit Niederlassung in Adlershof) bietet Lasersysteme zur Therapie einer Vielzahl von Augenerkrankungen, etwa Katarakt-, Glaukom- oder Netzhauterkrankungen.

www.od-os.com
www.ellex.com/de

Ansprechpartner: Prof. Dr. Justus Eichstädt

Handlungsfeldsprecher Biomedizinische Optik und Augenoptik

Telefon: 033 81355380
E-Mail: justus.eichstaedt@th-brandenburg.de

4.6 Mikrosystemtechnik – Backbone von Innovationen

„Nur wenige Branchen haben sich in den letzten Jahren so rasant entwickelt wie die Mikrosystemtechnik. Hochleistungsfähige miniaturisierte Elektronik hat die digitale Revolution ausgelöst und uns neue Anwendungsfelder in der Sensorik erschließen lassen. Mit innovativen, energieeffizienten und kostengünstigen Produkten aus Berlin und Brandenburg treiben wir nationale und internationale Entwicklungen im Automobil, in der Medizin oder Kommunikationstechnik entscheidend voran.“

Peter Krause | Handlungsfeldsprecher Mikrosystemtechnik, First Sensor AG

Wenn wir heute über die nächsten Schritte in der industriellen Entwicklung nachdenken, dann bestimmen Begriffe wie Internet der Dinge (IoT), Industrie 4.0, Cyber Physical Systems oder Smart-X die Debatte in Deutschland. Alle Ansätze basieren auf der Idee, über Sensoren und Aktoren die reale, physikalische Welt mit der virtuellen Welt zu verbinden, in der softwarebasiert Datenverarbeitung und Informationsspeicherung erfolgen. Die Mikrosystemtechnik liefert heute die wesentlichen Bausteine für genau diese Entwicklungen.

Durch die verteilte und vernetzte Datenerfassung, -verarbeitung und Prozesssteuerung sind völlig neuartige Konzepte für die Sammlung, Bereitstellung und Auswertung von Maschinen-, Prozess- oder Servicedaten möglich. Das McKinsey Global Institute (MGI) führt aus, dass das sogenannte Internet der Dinge, also die intelligente Vernetzung von Geräten und Maschinen über das Internet, einen weltweiten wirtschaftlichen Mehrwert von umgerechnet bis zu 11 Billionen Euro im Jahr 2025 schaffen kann. PricewaterhouseCoopers stützt diese Feststellung und sieht durch Industrie-4.0-Anwendungen allein in der Produktion ein wirtschaftliches Potenzial von 3,4 Billionen Euro, bedingt durch höhere Produktivität, mehr Energieeffizienz und sicherere Arbeitsplätze. Eine Einschätzung, die zwar nicht in allen Punkten, aber doch in der Tendenz und vor allem im Hinblick auf den technischen Wandel auch vom Branchenverband BITKOM geteilt wird.

Oft vernachlässigt wird bei derartigen Betrachtungen, woher die Daten kommen und wie diese in das Netzwerk eingespeist und vorverarbeitet werden. Meist wird stillschweigend vorausgesetzt, dass miniaturisierte, multifunktionelle und autark operierende Elektroniksysteme diese Daten verarbeiten. Als „Smart Systems“ wirken sie auch auf die von ihnen gesteuerten Systeme zurück. Denn nur diese sind in der Lage, die notwendige Schnittstelle (Hard- und Software) zwischen physikalischer und digitaler Welt herzustellen.

Damit dies möglich ist, müssen die Elektronik- und Mikrosystemtechnikprodukte extrem vielseitig und miniaturisiert sowie robust und langlebig sein. Hinzu kommt ein neuer Aspekt: Zukünftige Elektroniken werden immer mehr in Anwendungssystemen aufgehen. Die Zeit der eigenständigen, nachträglich montierten Komponenten wird abgelöst von vollständig integrierten und an das Anwendungssystem angepassten Elektroniken. Diese vollständige Integration in das aufnehmende System verbunden mit erweiterter Funktionsvielfalt, extremer Miniaturisierung sowie Robustheit und Langlebigkeit lassen die Komplexität beim Aufbau elektronischer Systeme stark ansteigen. Gefordert sind nunmehr Integrationstechnologien, die den ständig steigenden Anforderungen hinsichtlich kleinster Baugrößen, geringer Verlustleistung, großer Frequenzbereiche, hoher Zuverlässigkeit bei niedrigen Fertigungskosten und auch bei kleinen bis mittleren Stückzahlen Rechnung tragen.

Berlin und Brandenburg sind für derartige Entwicklungen mit ihrer Quantität und Qualität relevanter Institutionen und Firmen auf allen Wertschöpfungsstufen ein idealer Standort.

Von der Forschung bis zum Systemintegrator

Eine enge Zusammenarbeit aller Partner aus den unterschiedlichen technischen Bereichen unter Nutzung der sie umgebenden Forschungsinfrastruktur ist für solche Innovationen unerlässlich. Hier bieten Berlin und Brandenburg hervorragende Rahmenbedingungen. Mit den technischen Universitäten und Hochschulen in Berlin, Wildau, Cottbus-Senftenberg, den starken Informatikstandorten an der FU Berlin, der HU Berlin sowie der Universität Potsdam in Verbindung mit international anerkannten außeruniversitären Instituten der Fraunhofer-Gesellschaft, der Leibniz-Gemeinschaft und der BAM kommt hier eine fast einmalige qualitative und quantitative Dichte zusammen.

Auf der industriellen Seite sind Berlin und Brandenburg international für die Entwicklung und Herstellung von Komponenten wie Sensoren, Aktoren und der dazugehörigen Signalverarbeitung bekannt. Der internationale Ruf wird durch Aktivitäten der Unternehmen wie First Sensor, Pepperl + Fuchs, EPCOS oder der Baumer Group stetig gestärkt. Traditionell stark ist die Region bei den sogenannten Systemintegratoren, also solchen Unternehmen, die Sensoren und Aktoren zusammenführen zu einem Messsystem.

Mittelständisch geprägt, sind in dieser Gruppe viele „Hidden Champions“ zu finden. Unternehmen wie IMC Messtechnik, Prignitz Mikrosystemtechnik, GED Electronic Design, DResearch oder ESYS sind meist nur Fachleuten bekannt, aber nicht minder innovativ. Ergänzt werden diese Unternehmen durch Anbieter von Materialien, Leiterplatten und Packagingdienstleistungen, wie etwa micro resist technology, PacTech, hmp Heidenhain Mikroprint, Contag oder AEMtec.

Software nimmt im Internet der Dinge eine wichtige Rolle ein. Hier befruchten die vorgenannten Unternehmen eine rasante Entwicklung mit ca. 500 Neugründungen pro Jahr. Damit steht die Region als Start-up-Hochburg in Europa gleichauf mit London und Paris. Hinzu kommen Entwicklungszentren von international führenden Unternehmen wie SAP, Bosch oder der Software AG.

Kleine Systeme für große Branchen: Internet of Things

Internet der Dinge heißt, dass Technologieanbieter und -nutzer, New und Old Economy sowie Hard- und Software eng zusammenarbeiten müssen. Hierbei können sich die oben genannten Unternehmen auf eine starke Industrie aus den Bereichen Verkehrstechnik (Bombardier, BMW, Daimler-Benz), Steuerungs- und Regelungstechnik (Hosch, Kieback&Peter), Maschinen- und Anlagenbau (Hielscher, Specs), Energietechnik (Siemens), Medizintechnik (Biotronik, Otto-Bock), Luft- und Raumfahrttechnik (Rolls Royce), Sicherheitstechnik (Bundesdruckerei) sowie Logistik (Deutsche Bahn) stützen, die vermehrt auf technisch anspruchsvolle Produkte und integrierte Dienstleistungen setzen und verstärkt Elektronik und IT in ihre Produkte integrieren.

In der Summe aller Akteure werden in der Region für alle Ebenen des Internet of Things disruptive Innovationen vorangetrieben, die durch elektronische Komponenten, intelligente Firmware und neue Architekturen adressiert werden und dabei insbesondere industrielle Bedürfnisse in den Fokus stellen, wie etwa im Bereich autarker Mikrosysteme die Punkte:

- Robustheit und Wartungsfreiheit (kein Batteriewechsel während Lebensdauer)
- Latenzanforderungen bis hinab zu 1 ms
- Sicherheit, die mit kabelgebundener Sensorik vergleichbar ist
- Robustheit und energetische Effizienz der Datenübertragung
- Zuverlässigkeit auch unter industriellen Umgebungsbedingungen und minimaler Bedarf an zusätzlicher Infrastruktur (Kabelverlegung)

Mikrosysteme vereinen die wissenschaftlichen Disziplinen in der Region

Die große Stärke der Region Berlin Brandenburg ist die Vernetzung. Und in der Mikrosystemtechnik ist sie besonders wertvoll: Hier forschen mehr als 20 Einrichtungen in den verschiedenen Bereichen der Mikrosystemtechnik. In Berlin gehören dazu die BAM, das Helmholtz-Zentrum Berlin mit dem Elektronenspeicherring BESSY, die Leibniz-Institute FBH und IKZ, die Fraunhofer-Institute IZM und IPK sowie Institute der TU und der HU Berlin.

In Brandenburg sind die Aktivitäten breit verteilt, jedoch sind die Institutionen in der Region und darüber hinaus eng vernetzt. Aber auch die Universitäten und Hochschulen in Cottbus, Senftenberg, Potsdam, Wildau und Brandenburg sind aktiv an neuen Entwicklungen beteiligt. Dazu kommen diverse Institute der Fraunhofer-Gesellschaft oder Leibniz-Gemeinschaft, die für eine vitale Forschungslandschaft sorgen.

Vernetzte Großprojekte

Im **Leistungszentrum „Digitale Vernetzung“** bündeln die vier Fraunhofer-Institute **Fraunhofer FOKUS**, **Fraunhofer HHI, Fraunhofer IPK** und **Fraunhofer IZM** ihre Kompetenzen in den Bereichen Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT), Datenverarbeitung, Produktion und Mikroelektronik. Für Industriepartner und öffentliche Einrichtungen besteht die Möglichkeit, im Rahmen von Forschungsprojekten mit den beteiligten Fraunhofer-Instituten zu kooperieren. Das Leistungszentrum „Digitale Vernetzung“ entwickelt Technologien und Lösungen, die der zunehmenden Digitalisierung und Vernetzung

aller Lebensbereiche Rechnung tragen. Es forscht an Basis- und Querschnittstechnologien für die Anwendungsbereiche Vernetzte Industrie & Produktion, Vernetzte Mobilität & Zukunftsstadt, Vernetzte Gesundheit & Medizin und Vernetzte kritische Infrastrukturen & Energie.

www.digitale-vernetzung.org

Auch an der **Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland (FMD)** stellt die Region über das **Fraunhofer IZM, Fraunhofer HHI** und die **Leibniz-Institute IHP** und **FBH** knapp ein Viertel der 13 Partner. 117 der 350 Millionen Euro fließen nach Berlin und Brandenburg. Die Region ist damit neben Dresden der wichtigste Standort für FMD. Das von beiden Gesellschaften miteinander entwickelte Konzept sieht vor, die technologischen Fähigkeiten in einem gemeinsamen Technologiepool zusammenzuführen, Ausstattungslücken abgestimmt zu schließen und die wichtigen Laborlinien für Mikroelektroniktechnologien auf den neuesten Stand bringen. Um Forschungsthemen gezielt voranzutreiben, ist die FMD in die vier Technologieparks „Siliziumbasierte Technologien“, „Verbindungshalbleiter“, „Heterointegration“ sowie „Design, Test und Zuverlässigkeit“ organisiert. Für die Modernisierung und Ergänzung ihrer Anlagen und Geräte erhalten die beteiligten Forschungseinrichtungen insgesamt rund 350 Millionen Euro von dem Bundesministerium für Bildung und Forschung.

www.forschungsfabrik-mikroelektronik.de

Prof. Dr. Johanna Wanka, Bundesministerin für Bildung und Forschung, bei der Eröffnung der FMD
© BMBF, Hans-Joachim Rickel

Mit der Förderung des WissenschaftsCampus **GraFOx „Growth and Fundamentals of Oxides for Electronic Applications“** („Wachstum und Grundlagen von Oxiden für elektronische Anwendungen“) setzt die Leibniz-Gemeinschaft klare Akzente zur grundlegenden Erforschung von halbleitenden Oxiden, die sich besonders für die Entwicklung neuartiger (opto-)elektronischer Bauelemente und Energieanwendungen mit herausragender Leistungsfähigkeit eignen – wie zum Beispiel Transistoren zum Schalten von Hochspannungen in der Leistungselektronik, UV-Detektoren, oder Speicherbauelemente.

GraFOx wird vom **Paul-Drude-Institut für Festkörperelektronik (PDI),** einem Leibniz-Institut im Forschungsverbund Berlin e. V., koordiniert. Zu den weiteren Partnern zählen das **Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ)**, ebenfalls im Forschungsverbund, das **Fritz-Haber-Institut (FHI)** der **Max-Planck-Gesellschaft** sowie die **Humboldt-Universität zu Berlin** und die **Technische Universität Berlin**.

http://grafox.pdi-berlin.de

Galliumoxidprobe auf Chiphalter für elektrische Charakterisierung
© PDI

Materialwissenschaften, Physik, Chemie, aber auch Elektrotechnik, Informatik und Feinwerktechnik – Mikrosystemtechnik ist ein Forschungsbereich bei dem viele Fachrichtungen zusammenkommen. An der **TU Berlin** sind mehrere Lehrstühle mit Bezug zur Mikrosystemtechnik im **Institut für Hochfrequenz- und Halbleiter-Systemtechnologien** (Fakultät IV) angesiedelt. Im März 2018 neu berufen wurde zum Beispiel die Professur für Silicon Photonics mit Dr.-Ing.

Lars Zimmermann, der auch die Gruppe Siliziumphotonik am IHP in Frankfurt (Oder) leitet. Er ist auch der wissenschaftliche Koordinator des **Joint Lab Silizium Photonik**, das TU und IHP gemeinsam betreiben.

www.eecs.tu-berlin.de/menue/einrichtungen/institute/ihh

Forschung und Industrie

Im September 2017 herrschte in Dresden und Cottbus große Freude: Das Dresdner **Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme IPMS** mit seiner **Fraunhofer-Projektgruppe Mesoskopische Aktoren und Systeme MESYS** wurde positiv evaluiert. Die Fraunhofer-Projektgruppe, die in Dresden und in Cottbus an der **Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg (BTU)** aktiv ist, wird von Prof. Dr. Harald Schenk geführt. Er ist gleichzeitig Institutsleiter am Fraunhofer IPMS und Inhaber der Stiftungsprofessur für Mikro- und Nanosysteme an der BTU.

Die Gruppe entwickelt eine neue Klasse elektrostatischer Biegewandler. Dazu gehören zum Beispiel neuartige elektrostatische Mikroaktoren – sogenannte nanoskopische elektrostatische Antriebe (engl. nanoscopic electrostatic drives, NED), die in der Mikroakustik und Mikrofluidik Einsatz finden. Die Projektgruppe wird seit dem 1. Januar 2018 als neu gegründetes Institutsteil „Integrated Silicon Systems“ (ISS) an der BTU in Cottbus fortgeführt und somit in die Bund-Länder-Förderung aufgenommen.

www.b-tu.de/fg-mikro-nanosysteme
www.ipms.fraunhofer.de

Das **IHP – Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik** in Frankfurt (Oder) ist ein Institut der Leibniz-Gemeinschaft. Am IHP betreiben 320 Mitarbeiter Forschung und Entwicklung zu siliziumbasierten Systemen, Höchstfrequenz-Schaltungen und -Technologien sowie neuen Materialien. Sie erarbeiten Lösungen für Anwendungsbereiche wie die drahtlose Kommunikation und die Breitbandkommunikation, für die Luft- und Raumfahrt, die Biotechnologie und Medizin, die Automobilindustrie sowie für die Bereiche Sicherheitstechnik und Industrieautomatisierung.

Das IHP verfügt über einen 1000 Quadratmeter großen Reinraum der Klasse 1. Dort wird eine Pilotlinie für technologische Entwicklungen und die Präparation von Hochgeschwindigkeits-Schaltkreisen mit 0,13/0,25 µm-SiGe-BiCMOS-Technologien betrieben. Dieser Service wird auch Kunden aus der Industrie angeboten.

Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik IHP
© IHP/Patrick Pleul

Das IHP betreibt acht Joint Labs mit Universitäten der Region (BTU Cottbus-Senftenberg, Universität Potsdam, HU Berlin, TU Berlin, TH Wildau) sowie mit einer polnischen und einer türkischen Universität. Sie sollen die Brücke zwischen der Forschung am IHP und der Lehre und Forschung bei den Partnern bilden. Die Themen reichen von verlässlichen Sensornetzwerken (BTU Cottbus-Senftenberg) über drahtlose Breitbandkommunikationssysteme (HU Berlin) bis zu Siliziumphotonik (TU Berlin).

www.ihp-microelectronics.com
www.ihp-microelectronics.com/de/joint-labs/uebersicht.html

Eines der Joint Labs befindet sich an der **Technischen Hochschule Wildau** in der **Arbeitsgruppe Photonik, Laser- und Plasmatechnologien.** Mitarbeiter des IHP beteiligen sich an der Lehre und Studenten können für Praktika, Bachelor- und Masterarbeiten am IHP arbeiten. Auf diesem Weg sind schon fünf ehemalige Studenten der TH Wildau zu IHP-Mitarbeitern geworden.

Aber auch die Forschung profitiert: So arbeiten IHP und TH Wildau gemeinsam im Projekt HOPBIT. Ziel von HOPBIT ist die Entwicklung einer Technologieplattform für die Integration von photonischen Silizium-Organik-Hybrid(SOH)-Bauelementen in eine siliziumbasierte Chiptechnologie.

Das Forschungsprojekt wird aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung EFRE gefördert.

www.th-wildau.de/forschung-transfer/photonik-laser-und-plasmatechnologien

Andere Projekte an der **TH Wildau** sind bei der Studienrichtung Maschinenbau angesiedelt, zum Beispiel arbeitet die **Gruppe Werkstofftechnik** an der Technik des mikroelektronischen Drahtbondens (Projekt mit der Firma Delvotec). Mit dem vorhandenen Know-how und mithilfe verschiedener mikroskopischer Analyseverfahren können derartige Ankontaktierungen optimiert, Ausfallmechanismen aufgeklärt und die Zuverlässigkeit elektronischer Baugruppen verbessert werden.

Ballbondkontakt auf einer hochfesten Aluminium-Scandium(AlSc)-Chipmetalliserung
© U. Geißler/TH Wildau

Am **Institut für Angewandte Biowissenschaften** der **TH Wildau** ist die **Forschungsgruppe Mikrosystemtechnik/Systemintegration** angesiedelt. Die Arbeitsgruppe von Prof. Dr. A. Foitzik besitzt ein breites Know-how im Bereich Kunststofftechnik (CAD, CAM, Simulation sowie Material und Assemblierung).

www.th-wildau.de/forschung-transfer/institut-fuer-angewandte-biowissenschaften/forschungsgruppe-mikrosystemtechniksystemintegration

Die Berliner **Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW)** bietet sogar einen Studiengang Mikrosystemtechnik an. Sechs Semester dauert das Bachelor-Studium und nach weiteren vier Semestern kann der Masterabschluss erworben werden. Das Studium bietet neben einer soliden Ausbildung in den ingenieurtechnischen Kernkompetenzen auch den Zugang zu modernen Simulations- und CAD-Techniken, zur Informatik, Elektronik, Sensorik und Mikrotechnologie.

mst-master.htw-berlin.de

Das **Institut für Dünnschichttechnologie und Mikrosensorik e. V. (IDM)** ist ein auf dem Gebiet der Materialwissenschaften tätiges gemeinnütziges Forschungsinstitut. Die Entwicklung von Materialien für optische Technologien ist einer der FuE-Schwerpunkte. Das Spektrum der Arbeiten umfasst die chemische Synthese optischer und sensorischer Funktionsmaterialien, die Erarbeitung von Strukturierungs-, Verarbeitungs- und Replikationstechnologien bis hin zur Entwicklung optischer und sensorischer Funktionselemente.

www.idm-teltow.de

In aktuellen Forschungsprojekten arbeitet das IDM zum Beispiel mit der **Allresist Gesellschaft für chemische Produkte und Mikrostrukturierung mbH** zusammen. Gegründet in der Nachwendezeit gehört Allresist heute zu den Hidden Champions mit Weltruf. Für ausgewählte Fragestellungen und Resists, die in innovativen Technologien der Mikroelektronik zur Anwendung kommen, realisiert das IDM die chemischen Synthesen zur Material- und Prozessentwicklung. Auf deren Grundlage entwickelt und produziert dann die Allresist spezielle Resists für die optische und Elektronenstrahl-Lithographie sowie die dazugehörigen Prozesschemikalien für die Herstellung von elektronischen Bauteilen.

www.allresist.de

Ein Hotspot für die Miniaturisierung und Integration von Elektronik ist das **Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM**. Auch hier unterstützt man Firmen und wissenschaftliche Institutionen dabei, robuste und zuverlässige Elektronik zu entwickeln, aufzubauen und in

die Anwendungsumgebung zu integrieren. Schwerpunkte des Fraunhofer IZM sind Integration auf Substrat- und Waferebene sowie Design und Zuverlässigkeit von elektronischen Mikrosystemen. Dabei wird zum Beispiel an einer universell einsetzbaren Sensorplattform gearbeitet, mit der zukünftig anspruchsvolle Sensorik kostengünstig zur Verfügung gestellt werden kann.

Mikrokamera mit eingebetteten passiven und aktiven Komponenten. Durch die hohe Integrationsdichte können Bildinhalte bereits im Kameramodul ausgewertet werden
© Fraunhofer IZM/Volker Mai

Hervorgegangen ist das Fraunhofer IZM 1993 aus dem Forschungsschwerpunkt „Technologien der Mikroperipherik“ an der TU Berlin. Heute betreibt das Fraunhofer-Institut gemeinsam mit dieser das **Berlin Center of Advanced Packaging (BeCAP)**, das im gesamten Spektrum der Miniaturisierung und Systemintegration aktiv ist.

www.izm.fraunhofer.de/de/institut/netzwerk_weltweit/becap.html

2017 wurde am Fraunhofer IZM der Laborkomplex **„Start-a-Factory“** eröffnet. Gemeinsam mit Start-ups wollen die Wissenschaftler des IZM erforschen, welche Probleme bei der Produktentwicklung immer wieder auftreten und passgenaue Lösungsansätze entwickeln. Am Ende soll die Gründergarage von morgen stehen: mit Hightech-Ausstattung und ganz auf die Bedürfnisse junger Unternehmen zugeschnitten.

www.izm.fraunhofer.de/de/institut/wege_der_zusammenarbeit/start-a-factory.html

Am Fraunhofer IZM ist auch das **PhoxLab** angesiedelt. Es ist eine herstellerunabhängige Plattform zum Test von photonischen Komponenten und Architekturen auf unterschiedlichen Ebenen der modernen Datenverarbeitung: Von der Chip-Ebene über Rack-to-Rack-Lösungen bis hin zu Langstreckenverbindungen für das Internet der Zukunft können hier die Komponenten getestet werden. PhoxLab ist aus dem Europäischen Förderprojekt PhoxTroT hervorgegangen.

www.phoxlab.eu

Das **Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik (FBH)** bedient mit seinen Mikrosystemen maßgeschneiderte Anwendungen von der Medizin bis hin zu Weltraumtechnik. So wurde am FBH eine flexibel nutzbare Technologieplattform für die Augenheilkunde entwickelt. Im Kern wird dafür infrarotes Laserlicht effizient in den gelben Frequenzbereich konvertiert: die Quelle liefert mehr als 2 Watt bei 561 nm. Das gleiche Prinzip nutzt das FBH mit anderen Wellenlängen auch für Sensorik- und Analytikanwendungen. So entstehen kompakte Messsysteme, die schnell und zuverlässig Ergebnisse vor Ort liefern.

Auch die weltraumtauglichen Lasersysteme aus dem FBH bieten höchste Integrationsdichten auf geringster Fläche. Sie arbeiten zuverlässig selbst unter widrigen Bedingungen wie etwa Weltraumstrahlung, großen thermischen Unterschieden oder mechanischen Belastungen beim Raketenstart. Dafür wurde am FBH eine ultrapräzise Mikrointegrationsmontage entwickelt – mit Positioniertoleranzen bis unter 100 nm.

www.FBH-berlin.de

Zudem wird hier an neuen, kompakten Diodenlaserquellen geforscht, die hochpräzise Pulse im Piko- und Nanosekundenbereich mit hoher Strahlqualität liefern. Sie nutzen unter anderem optimierte HF-Komponenten der Mikrowellenelektronik für die Ansteuerung. Die flexibel anpassbaren Quellen sind unverzichtbare Komponenten bei Anwendun-

gen wie LiDAR (Light Detecting And Ranging), dem laserbasierten Radar, das für selbst fahrende Autos und Roboter benötigt wird.

Für die Raumfahrt arbeitet auch die **Arquimea Deutschland GmbH,** eine Tochterfirma des spanischen Unternehmens Arquimea. In Frankfurt (Oder) entwickelt sie strahlungsharte Schaltkreise für die Weltraumtechnik. Die hochwertigen Chips werden dann in kleineren Stückzahlen im IHP produziert.

www.arquimea.com

Ein wichtiger Aspekt bei der Zusammenarbeit von Wissenschaft und Industrie ist die Ausgründung innovativer Unternehmen aus den Forschungsinstituten. Ein Beispiel dafür ist die **GOLARES GmbH.** GOLARES wurde aus dem Leibniz-Instituts für Kristallzüchtung (IKZ) in Berlin-Adlershof heraus gegründet. Kernidee der Firma ist eine innovative Plasmaquelle, die schädigungsarme Prozessierungen durch niedrige Ionenenergien und die konforme Beschichtung mit leitfähigen und isolierenden Schichten bei hoher Rate und geringer Verspannung erlaubt. Dementsprechend bietet die Firma Beratung zu Prozessen sowie Beschichtung und Mikrostrukturierung von opto- und mikroelektronischen Bauelementen an. Im März 2017 wurde den beiden Gründern der Leibniz-Gründerpreis verliehen.

www.golares.de

Präzisionsmontage eines fasergekoppelten Diodenlasermoduls für Weltraumanwendungen am FBH
© FBH/schurian.com

Kleine und mittelständische Unternehmen prägen die Mikrosystemtechnik

Sensoren, Aktoren, Signalverarbeitung
Die Basis von Industrie 4.0 bildet ein Netz von Sensoren. Allein dieses Bild gibt schon eine Vorstellung davon, welche Ansprüche heute an moderne Sensoren gestellt werden: Sie müssen klein, robust und doch präzise sein. Ihre Lebensdauer soll hoch und ihr Preis möglichst niedrig sein. Ihre Entwicklung passiert in einem hochtechnisierten Umfeld, das intensive Forschung mit einer stückzahlintensiven Industrie verbindet. Beide Felder sind in Berlin und Brandenburg gut besetzt, die hiesigen Player gehören meist zur Weltspitze.

Zu den weltweit führenden Anbietern auf dem Gebiet der Sensorik gehört die **First Sensor AG.** Mit knapp 800 Mitarbeitern (Stand Ende 2017) entwickelt und fertigt das Unternehmen Standardsensoren und kundenspezifische Lösungen für die Wachstumsmärkte Industrial, Medical und Mobility. Zu den Highlights gehört die Lieferung von Avalanche Fotodioden (APD) für LiDAR-Systeme, unter anderem an führende Unternehmen wie den amerikanischen Hersteller Velodyne. Die langjährige Partnerschaft wurde 2017 noch einmal mit einer Liefervereinbarung im Wert von mehreren Millionen Dollar gefestigt.

Die heutige First Sensor AG startete 1991 als Silicon Sensor GmbH am traditionsreichen Industriestandort Berlin-Oberschöneweide. Ihre Vision war es, den wiedervereinigten Technologiemarkt Deutschland mit innovativen Sensoren zu versorgen. Heute ist sie ein weltweit agierendes Unternehmen mit Millionenumsätzen, das die gesamte Wertschöpfungskette vom Sensorchip über den Sensor bis zum komplexen Sensorsystem beherrscht.

www.first-sensor.com

Avalanche-Photodioden sind eine entscheidende Komponente in LiDAR-Systemen für autonome Fahrzeuge
© First Sensor AG

Bei First Sensor entstehen Produkte vom Chip bis zum komplexen Sensorsystem
© First Sensor AG

Weitere Große der Branche produzieren in Berlin und Brandenburg: **Pepperl + Fuchs GmbH** ist Spezialist für Näherungs-, Beschleunigungs- und Ultraschallsensoren und hat über Bildverarbeitung und Positionierungshilfen ein breites Spektrum an Sensorik im Angebot. 2017 beschäftigte Pepperl + Fuchs weltweit ca. 6000 Mitarbeiter an verschiedenen Standorten in Deutschland, den USA, Singapur, Ungarn, Indien, Indonesien, Vietnam und Tschechien. Einer der Standorte ist in Berlin, hier wurde 2000 die Firma Visolux übernommen.

www.pepperl-fuchs.com

Ein weiteres internationales Familienunternehmen mit Leidenschaft für Sensorik, Drehgeber, Messinstrumente sowie

Die Baumer Group ist mit der Baumer Hübner GmbH in Berlin Charlottenburg vertreten
© Baumer Group

Komponenten für die automatisierte Bildverarbeitung ist die Schweizer **Baumer Group.** In Berlin ist sie mit der **Baumer Hübner GmbH** vertreten, ihrem Kompetenz-Zentrum für Drehgeber und Tachogeneratoren mit Heavy-Duty-Technologie. 2010 wurde hier auch mit einem Neubau das Kompetenzzentrum Motion Control gestärkt. Zum Berliner Standort gehören Entwicklungs- und Produktionsgebäude sowie ein Trainingscenter.

www.baumer.com

Faseroptischer Resonator für die optische Lagebestimmung und bio-chemische Sensorik
© Fraunhofer IZM

Bei der Bundesanstalt für **Materialforschung und -prüfung (BAM)** kümmert sich ein eigener Fachbereich um faseroptische Sensorik. Geeignete Sensoren liefern eine Vielzahl physikalischer Parameter wie Temperatur, Dehnung, Druck, Feuchte, Vibrationen, Schall oder auch radioaktive Strahlung. Mit speziellen Faseroptiken lassen sich nicht nur Infrastrukturen sichern, sondern auch energietechnische Anlagen und einzelne Werkstoffe, sodass sich etwa Schäden frühzeitig erkennen und lokalisieren lassen. Kilometergroße Anlagen lassen sich dank moderner Faseroptiken mit einer Genauigkeit im Meterbereich überwachen.

www.bam.de/Navigation/DE/Ueber-die-BAM/Organisation/Organigramm/Praesident/Abteilung-8/fachbereich-86/fachbereich86.html

Die **iris GmbH infrared & intelligent sensors** entwickelt und produziert Sensoren für die automatische Fahrgastzählung. Das Hauptprodukt IRMA (InfraRed Motion Analyzer) ist ein Fahrgastzähler für den öffentlichen Nahverkehr. Die iris GmbH nutzt für ihre Zähler verschiedene physikali-

sche Prinzipien: Spezielles Know-how wurde dafür in den Gebieten thermischer Infrarot-Sensoren (FIR, passive IR), Nah-Infrarotsensoren, dreidimensionaler Distanzmessung (Time-of-flight TOF) und der nötigen Signalverarbeitung aufgebaut. Die verschiedenen Sensortechnologien führten zum Aufbau eines entsprechend breiten Produktportfolios, aus dem für jeden Kunden die passende Lösung gewählt werden kann.

www.irisgmbh.de

SCHMIDT + HAENSCH GmbH & Co. ist eines der Traditionsunternehmen der Hauptstadt: Die Firma existiert seit 1864 und ist unverändert im Familienbesitz. Von Beginn an spezialisierte sie sich auf feinmechanisch optische Messtechnik. Heute hat sie ein umfangreiches Portfolio aus optisch elektronischen Analysengeräten im Angebot, das zu 80 % weltweit exportiert wird. Neben Polarimetrie-, Refraktometrie- und Farbmessgeräten sowie Dosierungs- und Dichtemessgeräten produziert die Firma zunehmend auch Spezialsensoren. Zusätzlich wird die Vernetzung von unterschiedlichen Laborgeräten, intelligenten Sensoren und Software immer bedeutender.Bedingt durch die Einführung neuer Referenzmethoden ist die Gesellschaft heute unter anderem führender Anbieter von Analytik in der Zuckerindustrie.

www.schmidt-haensch.com

Die **imc Meßsysteme GmbH** bietet Hard- und Softwarelösungen im Bereich der physikalischen Messtechnik. Die 1988 gegründete Firma mit etwa 200 Mitarbeitern produziert am Standort Berlin Hard- und Software für verschiedene Messsysteme. imc-Systeme messen zum Beispiel Drücke, Kräfte, Drehzahlen, Vibrationen, Geräusche, Temperaturen, Spannungen oder Ströme. Neben der Automobilbranche versorgt imc auch Schienenfahrzeughersteller und Anbieter im Luft- und Raumfahrtbereich.

www.imc-berlin.de

Die **Raytek GmbH** ist Spezialist für die berührungslose Messung von Temperaturen im industriellen Einsatz. Dafür entwickelt, produziert und vertreibt die Firma als ein Unternehmen der Fluke Gruppe eine breite Palette von Infrarot-Pyrometern, die zur berührungslosen Temperaturmessung von –40 bis 3500 °C. Zum Programm gehören Messköpfe, Thermometer, Sensoren und Line-Scanner ebenso wie komplette Überwachungssysteme und Wärmebildkameras.

Elektronische Messtechnik für Druck, Füllstand,Temperatur, Feuchte und Analyse
© Prignitz Mikrosystemtechnik GmbH

www.raytek.com

Das Unternehmen **Prignitz Mikrosystemtechnik GmbH** mit Sitz in Wittenberge ist ein Spezialist für Druck-, Temperatur- und Feuchtesensoren. Hinzu kommen spezielle Sensoren für Füllstandsmessungen und für die chemische Analytik. Die Produktion hochsensibler Sensortechnik erfolgt im eigenen Reinraum. Das im Jahr 2001 gegründete Unternehmen hat inzwischen über 60 Beschäftigte (2018), ein großer Teil davon ist im Bereich der Forschung und Entwicklung tätig. Rund ein Drittel ihrer Produkte verkauft die Prignitz Mikrosystemtechnik an Abnehmer in den USA, in China und Russland. Gut 40 % der Erzeugnisse werden in Deutschland vertrieben. Sensoren aus Wittenberge stecken beispielsweise in Filter- und Lüftungsanlagen, in Öl- und Wassertanks und in Antiblockiersystemen (ABS) in Lastkraftwagen.

www.prignitz-mst.de

Auf siliziumbasierte Drucksensoren ist auch die Stahnsdorfer Niederlassung der Firma **Endress+Hauser Messtechnik GmbH+Co. KG** spezialisiert. Solche Sensoren werden in vielen Branchen eingesetzt, etwa in den Bereichen Lebensmittel, Life Sciences, Energie, Wasser/Abwasser, Grundstoffe/Metall, Chemie sowie Öl und Gas. Der Standort wurde 1994 gegründet und soll 2018 deutlich expandieren. Schon im ersten Quartal hat sich die Belegschaft auf ungefähr 180 Mitarbeitende verdoppelt. Eine weitere Expansion in den nächsten Jahren ist angedacht.

www.endress.com/de/Endress-Hauser-Gruppe/company-profil/group-structure/worldwide-network/stahnsdorf

In Frankfurt (Oder) hat die **GED Electronic Design GmbH** ihren Sitz. Das Hauptgeschäftsfeld der Firma ist die Entwicklung (Design) von kundenspezifischen Schaltkreisen, sogenannten ASICs (Application-Specific Integrated Circuit). Die Experten bearbeiten den kompletten Design-Flow von der Definition eines Pflichtenheftes bis zur Serienreife des ASICs. Sie entwickeln Testhard- und Testsoftware und überführen sie in den Serientest bei ihrem Partner, der Elmos Semiconductor AG. Zu den Produkten, die bei GED für Kunden entwickelt wurden, gehören Transponder ICs, verschiedene Sensor-ICs, ICs zur Motorsteuerung sowie LCD- und LED-Treiber.

www.ged.de

Systemintegration als Schlüssel zur Zukunft

Mit Industrie 4.0 und dem Internet of Things kommt es nicht nur auf die Komponenten sondern auch auf die Integrationstechnologien an. Immer häufiger verschmelzen die Elektronik und Mikrosystemtechnik in Material und Form mit dem eigentlichen Produkt: Eigenständige, nachträglich montierte Komponenten werden abgelöst von vollständig integrierten und an das Anwendungssystem angepasste Lösungen. Schlüssel dazu sind entsprechende Integrationstechnologien.

Neben der schon nicht immer einfachen physischen Integration in die Anwendungsumgebung müssen diese Technologien auch gewährleisten, dass die Aufbauten miniaturisiert, robust und langlebig sind – denn die tiefe Integration von Elektronik und Mikrosystemtechnik macht dies unentbehrlich und Reparaturen kompliziert.

Das klassische Miteinander von Bauelementeherstellern, Baugruppenproduzenten und Anbietern elektronischer Systeme eignet sich nicht dazu, solche integrierten Lösungen zu schaffen. Stattdessen müssen diejenigen, die elektronische Komponenten in ihren Produkten verbauen wollen, von Beginn an einbezogen werden. Auch in der Forschung und bei der Entwicklung neuer Produkte sind neue Herangehensweisen erforderlich.

Berlin Brandenburg ist für die Entwicklung gut gerüstet. Denn regionale Unternehmen legen den Fokus auf technisch anspruchsvolle Produkte und integrierte Dienstleistungen. Der Trend zu immer mehr integrierter Elektronik passt da gut ins Bild, etwa im Bereich der Automobilindustrie, wo 90 % aller Innovationen mit dem Einsatz von Elektronik und Mikrosystemtechnik verbunden sind.

Gerade die Branchen, in denen Berlin und Brandenburg stark sind, folgen diesem Trend und integrieren verstärkt Elektronik und Mikrosysteme in ihre Produkte: Steuerungs- und Regelungstechnik, Maschinen- und Anlagenbau, Energietechnik, Medizintechnik, Luft- und Raumfahrttechnik sowie Logistik. Hier können die Unternehmen der Region ihre Stärken ausspielen: Starken Bezug zu Forschung und Entwicklung, exzellente Wissensbasis, Flexibilität und hohe Vernetzung sowohl untereinander als auch mit den wissenschaftlichen Institutionen, die in der Systemintegration aktiv sind.

Die **AEMtec GmbH** ist ein Mittelständler mit breit gefächertem Technologie-Portfolio (Wafer Back-End, Flip Chip, Chip on Board, SMT, Box Build) für die Produktion von mikro- und optoelektronischen Modulen mit höchster Positioniergenauigkeit im Sub-Mikrometer-Bereich und 30 Jahren Erfahrung in der Aufbau- und Verbindungstechnik. Neben Design und Entwicklung gehören Prototyping (NPI), Qualifizierung, Serienproduktion, Test sowie ein lebenszyklusübergreifendes Supply Chain Management zum Leistungsspektrum.

www.aemtec.de

Pac Tech – Packaging Technologies GmbH ist ein weiterer Hightech-Anbieter mit Wurzeln in Berlin und Brandenburg. Die Firma entwickelt und verkauft Maschinen mit denen Halbleiter auf Platinen aufgebracht werden. Dabei bietet sie sowohl die Maschinen als auch die Dienstleistung an: Sie versieht auch Mikrochips mit elektrischen

Bild 1 Vollautomatisches UBM und Balling von Wafern
Bild 2 Hochgenaues Bestücken von optolektronischen Komponenten
© AEMtec GmbH

Kontakten. Große Anbieter wie intel oder Samsung zählen zu ihren Kunden.

Die Firma wurde 1995 aus dem Fraunhofer IZM ausgegründet. Seitdem hat sie eine echte Erfolgsstory hingelegt: 1997 wurde die erste Fertigungsstätte im brandenburgischen Nauen gegründet, 2001 die zweite in Kalifornien und 2008 erfolgte die Expansion nach Malaysia. Bis 2015 konnte die Firma schon ihr 1.000stes System verschicken. In dem Jahr wurde sie auch vollständig von der japanischen NAGASE Gruppe übernommen.

www.pactech.com

F&K Physiktechnik GmbH in Potsdam entwickelt und fertigt Baugruppen und Verfahren, die zur Chip-Kontaktierung in der Mikroelektronikfertigung weltweit eingesetzt werden. Der Fokus von F&K Physiktechnik liegt damit auf der Aufbau- und Verbindungstechnik (AVT) in der Mikrosystemtechnik.

Im Programm stehen Generatoren und Transducer für das Ultraschall-Drahtbonden und das Ultraschall-Diebonden. Damit die Ultraschallsysteme in den Bondmaschinen optimal eingerichtet und überwacht werden können, wurde spezielles Mess- und Testequipment entwickelt. Dazu gehören ein Transducer-Test-System und optische Schwingweitenmesstechnik (Laservibrometer). Dieses Equipment ist sowohl für den Service an den Bondmaschinen, als auch zur Qualitätssicherung geeignet. Insbesondere wird dadurch eine Dokumentation zum Zustand des Ultraschallsystems im Rahmen von Qualitätsmanagementsystemen ermöglicht. Ebenso ist durch den Einsatz des Messequipments vorbeugende Wartung und Instandhaltung der Ultraschallsysteme der Bondmaschinen erstmalig möglich.

www.fkphysiktechnik.com

Die Finetech GmbH & Co KG ist ein Spezialmaschinenbauunternehmen und bietet auf den Kunden zugeschnittene Equipmentösungen für hochgenaue Montageanwendungen in der Opto- und Mikroelektronik. Manuelle, teilautomatisierte und automatische Bondsysteme sind erhältlich und bieten durch ihr modulares Design ein Maximum an Prozessflexibilität. Die Produkte unterstützen ein breites Spektrum moderner Verbindungstechnologien, darunter zum Beispiel Ultraschallbonden, Thermokompressionsbonden, Klebetechnologien sowie Laserlöten und Löten in unterschiedlichen Atmosphären. Typische Anwendungen sind die Montage von Laser- und Photodioden, Laser Bars, Sensoren, VCSEL und MOEMS. Das Einsatzgebiet reicht von der Grundlagenforschung und Entwicklung innovativer Halbleiterprodukte bis hin zu vollautomatischen Produktionsumgebungen mit hohem Durchsatz.

www.finetech.de

Die **ESYS GmbH** entwickelt und fertigt energiearme miniaturisierte Elektronik mit dem Schwerpunkt auf mobile Anwendungen. Seit 1992 realisiert das Berliner Unternehmen erfolgreich eigene Standardprodukte sowie kundenspezifische Auftragsentwicklungen im Hard- und Softwarebereich. Dazu zählen vor allem batteriebetriebene Langzeit-Miniatur-Datenlogger für Temperatur, Feuchte, Bewegung, Beschleunigung, Schock und Lage. Sie werden zum Beispiel für die Fern-

Finetech bietet manuelle, teilautomatisierte und automatische Bondsysteme für die Opto- und Mikroelektronik
© Finetech GmbH & Co KG

ortung und das Flottenmanagement von Fahrzeugen, Maschinen und Containern eingesetzt.

www.esys.eu

Sensorik in der Anwendung

Neue Sensoren für die Landwirtschaft
Die Güte des Silierprozesses ist eine maßgebliche Stellgröße für die Effizienz in der Produktion von Biogas. Bislang fehlte es an einer geeigneten Sensorik, um den Silageprozess vom Auffahren des Silos bis hin zur Entnahme des Silagegutes überwachen zu können. Mit der vom Fraunhofer IZM und den Partnern aus Wissenschaft (Julius-Kühn-Institut, Braunschweig) und Industrie (ESYS GmbH) entwickelten Multisensorik ist es erstmals möglich, etwa die Verdichtung an kritischen Stellen wie Randbereichen während des Auffahrens zu überwachen und gleichzeitig den pH-Wert aufzunehmen. Ebenso werden Störgrößen während des Silierprozesses und nach der Entnahme frühzeitig erkannt und können beseitigt werden, bevor es zu einer Verminderung der Silagequalität kommt. Die Verwendung eines im Erntedaten-Management gängigen Softwarestandards sorgt zudem dafür, dass die Sensordaten später in bereits etablierte Softwarelösungen integriert und damit unmittelbar in die Praxis übertragen werden können.

Sensornetzwerk für Hochspannungsleitungen
Das autarke Sensornetzwerk ASTROSE überwacht betriebsrelevante Parameter von Hochspannungsfreileitungen, um deren Durchleitungskapazitäten optimal ausnutzen zu können. Feldversuche ergaben, dass so Kapazitätsreserven in Höhe von 20 % gehoben werden können. Für dieses gemeinsam mit den Kollegen vom Fraunhofer ENAS und First Sensor Microelectronic Packaging entwickelte System werden Softwarewerkzeuge zur Ablage der gewonnenen Daten in einer relationalen Datenbank bereitgestellt. Darüber hinaus wird eine Benutzeroberfläche zur besseren Visualisierung und zur komplexeren Auswertung der Daten zur Verfügung gestellt. In einer Weiterentwicklung mit den Partnern DResearch (Berlin) und LTB (Standort Neuenhagen) wird das System derzeit mit einem Bildsensor zur visuellen Umfelderfassung ausgestattet.

Sensoren begleiten uns heute auf Schritt und Tritt: Von Lage- und GPS-Sensoren im Smartphone bis hin zu hochspezialisierten Systemen in den verschiedenen Produktionsbereichen ist unser Leben und die moderne Wirtschaft ohne Sensoren nicht mehr vorstellbar. Die Zahl der Anwendungen und Anwendungsfelder erscheint riesig.

Ein paar Grundprinzipien lassen sich jedoch feststellen: Klein, robust und präzise sollen sie sein und eine gute Konnektivität besitzen. Die Entwicklung und Optimierung der entsprechenden Technologien beschäftigt in Berlin und Brandenburg eine Vielzahl von Firmen und Forschungseinrichtungen. Mit ihrer Arbeit sichern sie auch in Zukunft einen technologischen Vorsprung für die Region.

Sensorsystem zur Überwachung des Silierprozesses in der Biogasproduktion
© Fraunhofer IZM

Die Funksensoren unterhalb der Isolatoren ermöglichen das Monitoring von Hoch- und Höchstspannungsleitungen
© Fraunhofer IZM

Ansprechpartner: Peter Krause

Handlungsfeldsprecher Mikrosystemtechnik

Telefon: 030 63992399
E-Mail: peter.krause@first-sensor.com

5 Aus- und Weiterbildung

5. Aus- und Weiterbildung in Optischen Technologien und Mikrosystemtechnik in Berlin Brandenburg

Die Berufsperspektiven in den Optischen Technologien und der Mikrosystemtechnik (MST) sind ausgezeichnet – sowohl für den gewerblichen und akademischen Nachwuchs als auch für bereits ausgebildete Fachkräfte. Die Wachstumsprognosen dieser Hochtechnologiefelder lassen auch für die kommenden Jahre stetig steigende Beschäftigungszahlen erwarten. Jedoch fehlen Technologieunternehmen und Forschungseinrichtungen zunehmend geeignete Mitarbeiter/-innen. Die Region Berlin Brandenburg begegnet dieser Herausforderung mit einer Vielzahl von attraktiven Angeboten und effektiven Maßnahmen zur Förderung der Hochschul- und Berufsausbildung sowie zur beruflichen Fortbildung.

Hochschulausbildung und Sommeruniversitäten

An Berliner und Brandenburger Universitäten und Hochschulen existieren über 40 Studienangebote zur Optik/Photonik und zur Mikrosystemtechnik – entweder als eigenständige Studiengänge oder als Schwerpunkte bzw. Module in ingenieur- oder naturwissenschaftlichen Studiengängen.

An den drei großen Universitäten Berlins beschäftigen sich jeweils mehrere Lehrstühle und Institute damit, den wissenschaftlichen Nachwuchs auf dem Gebiet der Optischen Technologien zu fördern. Zwei Brandenburger Hochschulen, die TH Wildau und die TH Brandenburg, bieten gemeinsam den kooperativen Masterstudiengang „Photonik“ an.

An fünf Hochschulen der Region existieren Studienangebote zur Mikrosystemtechnik. An der HTW Berlin gibt es einen eigenständigen Mikrosystemtechnik-Studiengang. Die TH Brandenburg hat den Studiengang „Augenoptik/Optische Gerätetechnik“ neu aufgelegt. Als Vertiefungsrichtung oder Schwerpunkt kann Mikrosystemtechnik zudem an der TU Berlin, der Beuth Hochschule für Technik Berlin und der TH Wildau studiert werden.

An fünf Hochschulen der Region existieren Studienangebote zur Mikrosystemtechnik:

- An der HTW Berlin gibt es einen eigenständigen Mikrosystemtechnik-Studiengang.
- Die Technische Hochschule Brandenburg hat den Studiengang „Augenoptik/Optische Gerätetechnik“ neu aufgelegt.
- Als Vertiefungsrichtung oder Schwerpunkt kann Mikrosystemtechnik zudem an der TU Berlin, der Beuth Hochschule für Technik Berlin und der TH Wildau studiert werden.

Die 2006 vom Zentrum für Mikrosystemtechnik Berlin (ZEMI) ins Leben gerufene „Microsystems Summer School Berlin“ wurde in Zusammenarbeit mit OpTecBB e. V. zur Photonics Summer School ausgeweitet. Berliner und Brandenburger Forschungseinrichtungen und Unternehmen richten nun die alljährlich im September stattfindende Sommeruni aus. OpTecBB e. V. macht damit die Kompetenzen der Region in den Optischen Technologien und der Mikrosystemtechnik als bundesweites Angebot für die akademische Weiterbildung nutzbar. Die Hauptstadtregion informiert auf der fünftägigen Veranstaltung den Spitzennachwuchs (Studierende, Doktoranden/-innen) sowie Mitarbeiter/-innen von Hochtechnologieunternehmen aus ganz Deutschland über die Potenziale. Ausgewählte Referenten/-innen aus den Einrichtungen präsentieren aktuelle Forschungs- und Entwicklungstrends – von der Simulation und Konstruktion bis zum Produkt.

Betriebliche Ausbildung

Neben dem wissenschaftlichen Personal spielen in den regionalen Unternehmen und Forschungseinrichtungen vor allem passend ausgebildete Facharbeiter/-innen eine wichtige Rolle. Immer mehr Unternehmen der Hochtechnologien erkennen den Wert einer eigenen, bedarfsgerechten betriebli-

Berliner Glas bildet auf dem Gebiet der lichtnutzenden Technologien aus, denn hochmotivierte und gut ausgebildete Mitarbeiter sind unverzichtbar. © Berliner Glas Gruppe

Auszubildende Mikrotechnologin
©ZEMI/Wiedl

chen Ausbildung. Neben den Hauptausbildungsberufen der Branche wie Mikrotechnologe/-in sowie Augen- und Feinoptiker/-in haben eine Reihe weiterer Berufe einen hohen Stellenwert: Chemie- und Physiklaboranten/-laborantinnen, die die Hightech-Labors am Laufen halten, sind ebenso gefragt wie Mechatroniker/-innen, Elektroniker/-innen für Automatisierungstechnik und Industriemechaniker/-innen für die Bedienung modernster Maschinen.

Dennoch ist die Ausbildungsbeteiligung noch zu gering (vgl. Arbeitsmarktstrukturanalyse für Kernbereiche der Optik- und Photonikindustrie in Berlin Brandenburg, WFBB 2016). Damit sich das ändert und dringend benötigte Fachkräfte ausgebildet werden, hat das Ferdinand-Braun-Institut das Aus- und Weiterbildungsnetzwerk Hochtechnologie (ANH Berlin) mithilfe von Fördergeldern aus dem Bundesprogramm JOBSTARTER+ reaktiviert. ANH Berlin berät und unterstützt Unternehmen und Forschungseinrichtungen in allen Fragen zur Ausbildung.

Um die regionalen Ausbildungsstrukturen nachhaltig zu verbessern, berät das Netzwerk ANH Berlin ausbildungsinteressierte Unternehmen und Forschungseinrichtungen und vermittelt passende Bewerber/-innen. Darüber hinaus kümmert es sich um die Qualität der Ausbildung. Viele der im Cluster aktiven Ausbildungsunternehmen bemühen sich seit Jahren erfolgreich um eine hochwertige Ausbildung, haben aber kaum Vergleichsmöglichkeiten mit anderen Unternehmen und nur in seltenen Fällen konkrete Rückmeldungen zur Zufriedenheit der eigenen Auszubildenden und Ausbildungsverantwortlichen. Erste Ansätze wurden bereits entwickelt, um Qualität und Zufriedenheit systematisch zu erhöhen und die Abbruchquoten zu senken.

Für die Mikrotechnologieausbildung wurde in Berlin und Brandenburg bereits 1998 der Ausbildungsverbund Mikrotechnologie gegründet. Der Zusammenschluss ist ein erfolgreiches Beispiel regionaler Vernetzung innerhalb der gewerblichen Ausbildung, in dem Ausbildungsbetriebe zusammenarbeiten und sich gegenseitig unterstützen. So können Ausbildungsinhalte, die von einzelnen Betrieben nicht abgedeckt werden, im Rahmen des Verbundes durch Partnerbetriebe oder durch zentrale Lehrgänge vermittelt werden. Der Verbund wird durch die Lise-Meitner-Schule, die einzige Berufsschule für Mikrotechnologie-Ausbildung in der Region, koordiniert und durch die Unternehmen im Rahmen des gemeinnützigen Vereins proMANO anteilig finanziert.

Nachwuchsförderung

Die Aktivitäten zur Aus- und Weiterbildung zielen darauf ab, zusätzliche Studienangebote und Ausbildungsplätze zu schaffen – und vor allem letztere mit adäquaten Bewerber/-innen zu besetzen. Da deren Zahl besonders in den technischen Berufen und Studiengängen in den letzten Jahren teilweise drastisch gesunken ist – verstärkt noch durch die demografische Entwicklung – gewinnt das Thema Nachwuchsförderung im Hochtechnologiebereich an Bedeutung.

Das Netzwerk ANH Berlin hat in enger Zusammenarbeit mit OpTecBB e. V. die Berufsorientierung und das Berufemarketing ausgebaut. Es wirbt bei Schüler/-innen, Lehrkräften, Eltern und Multiplikator/-innen für MINT-Berufe (**M**athematik – **I**nformatik – **N**aturwissenschaften – **T**echnik), die noch immer vielfach unbekannt sind. Dafür werden bestehende Events wie Schulveranstaltungen, Girls' Day und Lange Nacht der Wissenschaften regelmäßig genutzt. Auf regionalen Bildungs- und Technologiemessen (vocatium, Ausbildungstag Süd-Ost, parentum etc.) platziert das Netzwerk die zukunftsweisenden ausbildungs- und Karriereoptionen von MINT-Berufen gezielt als Schwerpunkt.

Gemeinsam mit dem Schülerlabor-Netzwerk GenaU (Gemeinsam für naturwissenschaftlich-technischen Unterricht) hat ANH Berlin mit dem Pilotprojekt beMINT erstmalig verschiedene Aspekte bei der Berufswahl effektiv verzahnt: Durch praktisches Experimentieren, Beratung zu Ausbildungsberufen und Karrieremöglichkeiten sowie Berufsorientierung „vor Ort“ sollen Begeisterung und Interesse für Naturwissenschaft und Technik geweckt werden. Dabei erhalten Jugendliche Einblicke in reale Ausbildungs- und Arbeitsbedingungen, verbunden mit der Vermittlung von Ausbildungsplätzen. beMINT setzt damit neue Standards für die Bildung sowie Berufsorientierung im MINT-Bereich. Schüler/-innen werden durch alltags- und schulrelevante Experimente dort abgeholt, wo sie sind, und möglichst erst „losgelassen“, wenn ein passender Ausbildungs- oder Studienplatz gefunden wurde. Gleichzeitig unterstützt ANH Berlin kleine und mittelständische Unternehmen und Forschungseinrichtungen im MINT-Bereich bedarfsgerecht in Ausbildungsfragen und beim „Matching“ von Ausbildungsstellen und Bewerber/-innen. Die Initiative wird von der Berliner Wirtschaft finanziell unterstützt.[1]

Schülerlabor MicroLAB
©LMS/FBH

Auch auf europäischer Ebene wurden der Erfahrungsaustausch und die Entwicklung innovativer Konzepte und Medien für die Nachwuchsgewinnung in der Photonik fortgesetzt.

OpTecBB e. V. veröffentlicht seit 2010 mit Unterstützung des FBH alle zwei Jahre den Bildungsatlas „Optische Technologien und Mikrosystemtechnik in Berlin und Brandenburg“. Der Atlas gibt eine Übersicht über die relevanten Fachhochschulen und Universitäten in Berlin und Brandenburg, dient als Orientierungshilfe bei der Wahl einer passenden Ausbildungs- oder Studienrichtung und bietet einen Überblick über Weiterbildungsmöglichkeiten im Cluster.

Weiterbildung und Kompetenzmanagement

Im Rahmen eines vom BMBF geförderten Forschungsprojekts hat das Bildungsteam am FBH in Kooperation mit zwei Hamburger Universitäten den Einfluss demografischer Ent wicklung auf die Fachkräftesituation im Cluster untersucht. Daraufhin wurden Konzepte und Instrumente für die Personalentwicklung konzipiert, die es den Unternehmen erleichtern, den Herausforderungen des demografischen und technologischen Wandels gerecht zu werden. Unter anderem wurde der Arbeitskreis Fachkräfte ins Leben gerufen, in dem sich Personalverantwortliche aus Unternehmen und Forschungseinrichtungen des Clusters Optik und Photonik Berlin Brandenburg über Fachkräftethemen und Weiterbildung austauschen oder gemeinsame Aktivitäten planen und umsetzen. Darüber hinaus werden – je nach Anlass –Verantwortliche des Clustermanagements von Verbänden und Sozialpartnern eingebunden.

Außerdem ist mit der neuen Weiterbildungsdatenbank www.optecbb-weiterbildung.de eine strukturierte und zentrale Plattform geschaffen worden, die spezielle Weiterbildungsangebote für das Cluster bündelt.

Zusammenfassend kann man feststellen, dass es sich bewährt hat, die Fachkräftesicherung als Integrativthema auf Clusterebene zu verankern und die zentrale Anlaufstelle am FBH zu etablieren. Dank erfolgreich eingeworbener Projektgelder ist es gelungen, das Netzwerk ANH Berlin wiederzubeleben. Dadurch konnte eine Vielzahl von Aktivitäten, insbesondere zur Förderung der dualen Ausbildung, koordiniert und vorangetrieben werden. Allerdings wurde (erneut) deutlich, dass die Abhängigkeit von regionalen, nationalen und europäischen Fördergeldern die kontinuierliche und nachhaltig erfolgreiche Netzwerkarbeit eher hemmt als befördert.

[1] Die Berliner Wirtschaft finanziert Projekte der beruflichen und akademischen Bildung und des Wissenstransfers sowie der Integration von Flüchtlingen in den Ausbildungs- und Arbeitsmarkt. beMINT - BERUFSPERSEPKTIVEN ZUM ANFASSEN wurde in der zweiten Förderperiode aus einer Vielzahl eingereichter Projektideen als eines der wirtschaftsgeförderten Bildungsprojekte ausgewählt.

Bildungsatlas Optische Technologien und Mikrosystemtechnik in Berlin und Brandenburg – Weiterführende Informationen finden Sie unter www.anh-berlin.de

Ansprechpartnerin: Uta Voigt

Ferdinand-Braun-Institut
Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik (FBH)

Telefon: 030 63922596
E-Mail: uta.voigt@fbh-berlin.de

6 Branchenplattformen

6.1 Messen, Tagungen und Konferenzen

Optik und Photonik in Berlin und Brandenburg vereinen eine Vielzahl von Themen und Initiativen. Knapp 400 Technologieunternehmen und über 30 universitäre und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen arbeiten auf diesen Gebieten. Um Wissenschaft und Wirtschaft in Berlin und Brandenburg zu vernetzen und den Wissens- und Technologietransfer zu unterstützen, werden im Cluster verschiedene Vernetzungsplattformen angeboten. Das Ziel ist dabei die Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit sowie ein intelligentes, nachhaltiges und integratives Wachstum.

Unter Federführung der Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH organisieren OpTec-Berlin-Brandenburg (OpTecBB) e.V. und die Wirtschaftsförderung Brandenburg GmbH gemeinsam mit den Partnern vor Ort die Arbeit im Cluster.

Um die Entwicklung der Kernkompetenzen der regionalen Wirtschaft fokussiert voranzutreiben, wurden innerhalb des Clusters sechs sogenannte Handlungsfelder identifiziert:

- Lasertechnik
- Lichttechnik
- Photonik für Kommunikation und Sensorik
- Optische Analytik
- Biomedizinische Optik und Augenoptik
- Mikrosystemtechnik

Für alle Handlungsfelder werden regelmäßig Handlungsfeldkonferenzen organisiert, bei denen sich die Akteure bei Vorträgen und im direkten Gespräch auf den neuesten Stand bringen können. Alle zwei Jahre wird im Wechsel mit den OpTecBB Networking Days auch eine Clusterkonferenz Optik und Photonik durchgeführt.

Vorstellung des Projektes „Forschungsfabrik Mikroelektronik“ durch den abgedankten Clustersprecher Prof. Dr. Günther Tränkle auf der Clusterkonferenz Optik und Photonik 2017
© Wirtschaftsförderung Land Brandenburg GmbH/Marschalsky

Einen Überblick über die volle Bandbreite der Veranstaltungen bieten die Veranstaltungskalender.

Clusterwebseite Optik und Photonik:

www.optik-bb.de

und die Webseite des Kompetenznetzes OpTecBB e. V.:

www.optecbb.de

Neben den sechs Handlungsfeldkonferenzen führt das Cluster auch themenspezifische Workshops und Veranstaltungen zu verschiedensten übergreifenden Themen durch wie:

- Förderung und Finanzierung (z. B. Informationsveranstaltungen zu aktuellen Ausschreibungen)
- Fachkräftesicherung (z. B. Summer School)
- Internationalisierung
- Technologie-Scoutings mit Anwendern optischer Technologien
- Start-ups (z. B. Start-up Accelerator AdMaCom, Photonics Venture Forum, Entrepreneurship in Photonics)

Das Start-up-Thema hat auch in der Hauptstadtregion in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen. 2016 gründete sich das Innovation Network for Advanced Materials INAM, das durch ein neues Format innovative Gründer mit erfahrenen Produzenten zusammenbringt. Das Netzwerk startet diesbezüglich zu Beginn des Jahres mit einem Call, der Advanced Material Competition (AdMaCom), an dem sich junge Unternehmen aus der ganzen Welt bewerben können. Dieser Erfahrungsaustausch war bereits in den letzten zwei Jahren durch Neuansiedlungen, Ausgründungen sowie Kooperationsprojekte sehr erfolgreich. Auch das Konsortium EPIC, das European Photonics Industry Consortium, schreibt sich das Thema Start-up auf die Fahne und veranstaltet regelmäßig europaweite Workshops und Fachveranstaltungen, wie das Photonics Venture Forum.

Unternehmer sind die treibende Kraft für Innovation und Wirtschaftlichkeit. Die Photonikindustrie bietet dafür unzählige Möglichkeiten. Dabei sind Unternehmer typischerweise die Gründer und Geschäftsführer von Unternehmen, aber auch in einer Vielzahl von anderen Positionen anzutreffen. Entrepreneurship in Photonics ist ein Thema, dem sich das

Cluster Optik und Photonik seit vielen Jahren widmet und auch zusammen mit internationalen Partnern Inhalt verleiht, wie dem EPIC-Konsortium oder der European Optical Society (EOS).

Einige Formate haben bereits an Standhaftigkeit und Bekanntheitsgrad gewonnen und sind aus dem Jahreskalender nicht mehr wegzudenken. Das Spektrum reicht dabei vom Laserstammtisch in Berlin über die Brandenburger Formate:

- Profs-on-Tour
- Made in Brandenburg
- Brandenburger Optik-Tag
- Studenten-on-Tour

bis hin zu großen internationalen Fachkonferenzen, die in Berlin oder Brandenburg Station machen.

Neben dem Laserstammtisch organisiert der Laserverbund Berlin-Brandenburg e. V. regelmäßig Anwendertreffen vor Ort
© Laserverbund Berlin-Brandenburg e. V.

Hinzu kommen internationale Messen und Konferenzen, wie

- die Laser World of Photonics in München,
- die Optical Fiber Communications Conference OFC als Wandermesse in Kalifornien, den USA oder
- der European Conference and Exhibition on Optical Communication ECOC als Wandermesse in Europa sowie
- die Optics & Photonics International Exhibition OPIE in Yokohama, Japan.

Auf diesen ist die Hauptstadtregion jeweils mit einem großen Gemeinschaftsstand vertreten.

Berlin Brandenburger Messegemeinschaftsstand auf der LASER World of Photonics in München 2017
© Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH

Lokal und international: Photonic Days Berlin Brandenburg

Über die letzten Jahrzehnte gab es in Berlin und Brandenburg immer den Bedarf nach einer gemeinsamen Veranstaltung, wo die vielfältigen Aktivitäten im Bereich Optik und Photonik mit Vorträgen, einer Industrieausstellung und verschiedenen Netzwerkaktivitäten zusammengeführt werden.

Die „Photonic Days Berlin Brandenburg“ wurden dafür 2017 neu organisiert. Sie knüpfen an die 1996 im Technologiepark Adlershof gegründete Kongress-Messe „Laser Optics Berlin“ (LOB, später „micro photonics“) an, setzen jedoch wesentlich neue Akzente.

In einer Woche wurden dafür mit der Clusterkonferenz und zwei Handlungsfeldkonferenzen insgesamt neun verschiedene Workshops und Tagungen veranstaltet. Zu den Vorträgen und der begleitenden Industrieausstellung kamen zum Auftakt über 500 Besucher, darunter auch Gäste und Delegationen aus den USA, Japan, Brasilien, Polen, Großbritannien, der Schweiz, Spanien, Italien, Frankreich und Israel.

Die „Photonic Days Berlin Brandenburg“ sind damit die bedeutendste Veranstaltung der Branche in der Haupt-

Begleitausstellung auf den Photonic Days Berlin Brandenburg 2017
© Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH

Schottische Aussteller auf den Photonic Days Berlin Brandenburg 2017
© Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH

stadtregion. Veranstalter ist das Cluster Optik und Photonik Berlin Brandenburg, unter Federführung des Optec-Berlin-Brandenburg (OpTecBB) e. V.

Die Photonic Days werden nach dem Erfolg der ersten Veranstaltung jährlich im Herbst durchgeführt. Das Themenspektrum orientiert sich an den Handlungsfeldern, geht aber bei bestimmten Themen deutlich darüber hinaus. Bei den ersten Photonic Days 2017 reichten die Themen von innovativen optischen Komponenten über Quantenoptik und vernetzte Sensorsysteme in autonomen Fahrzeugen, Lasermaterialbearbeitung, Wasseranalytik bis hin zum neuen innovativen Thema PolyPhotonik, um nur einige zu nennen.

Handlungsfeldkonferenz Photonik für Kommunikation und Sensorik am 19.10.2017, Thema: Quantum optics and secure optical data transmission
© Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH

Insbesondere die internationalen Aktivitäten der verschiedenen Stakeholder im Cluster bekommen hier eine Plattform. Ein typisches Beispiel war der gemeinsam zwischen dem Clustermanagement und dem Laserverbund Berlin-Brandenburg e. V. organisierte Workshop zur Lasermaterialbearbeitung 2017, wo Erfahrungen und neue Wege der internationalen Zusammenarbeit im Bereich der Lasertechnik diskutiert wurden. Vorreiter dabei ist das Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK. Seit 2012 erarbeiten Experten vom IPK zusammen mit SENAI, dem nationalen Dienst für industrielle Ausbildung Brasiliens, Strategien und Businesspläne für die Entwicklung und Implementierung von 23 Forschungsinstituten in Brasilien.

Ansprechpartnerin: Eileen Herzog

Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH

Telefon: 030 46302-250
E-Mail: eileen.herzog@berlin-partner.de
Webseite: www.optik-bb.de

6.2 Netzwerke

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

Vor mehr als zehn Jahren hat eine von der Wissenschaft und der Industrie initiierte Diskussion darüber begonnen, welche Teildisziplinen der optischen Technologien in Deutschland besonders zu entwickeln seien, um international konkurrenzfähig zu werden bzw. zu bleiben und sie zu Innovationstreibern zu entwickeln. Dieses Aktionsprogramm wurde als „Deutsche Agenda Optische Technologien für das 21. Jahrhundert“ dokumentiert und führte zum BMBF-Förderprogramm „Optische Technologien Made in Germany“. Die Bildung der Kompetenznetze für Optische Technologien war Teil dieses Förderprogramms. Sie wurden zu neuen Infrastrukturelementen, die den Prozess der Clusterbildung fördern und den Wissens- und Technologietransfer von der Wissenschaft zur Industrie in wichtigen Optik- und Photonikregionen Deutschlands beschleunigen sollten. Mit OptecNet Deutschland wurde für alle Netze ein Dach geschaffen, das die konstruktive Zusammenarbeit aller Netze organisiert.

OpTecBB e. V. ist Bestandteil dieses Strategieprozesses und wurde am 14.09.2000 von 14 Unternehmen, Forschungseinrichtungen, Universitäten und Verbänden mit Unterstützung der zuständigen Landesministerien Brandenburgs und des Senats von Berlin als Verein gegründet. Von Anfang an ist OpTecBB e. V. über OptecNet Deutschland e. V. deutschlandweit mit allen wichtigen Regionen eng vernetzt und hat darüber hinaus durch eigene Aktivitäten viele internationale Kontakte zu den wichtigen Märkten in Westeuropa, Nordamerika und Asien entwickelt.

OpTecBB e. V. und seine Mitglieder haben sich folgende Ziele gestellt:

- das in der Region vorhandene Potenzial im Bereich Optischer Technologien und Mikrosystemtechnik zu bündeln und zu vernetzen
- den Wissens- und Technologietransfer von der Forschung zu den Unternehmen zu fördern
- F&E-Projekte zu initiieren und Kooperationen zu unterstützen
- eine Plattform für Information und Kommunikation zu bilden
- gemeinsame Marketingaktivitäten und Messeauftritte zu organisieren, um für die Unternehmen, die Forschungseinrichtungen und die Region zu werben
- die Landesregierungen und Wirtschaftsfördereinrichtungen zu informieren und zu beraten
- Aus- und Weiterbildung im Bereich der Optik/Photonik zu fördern, die Region auch als Ausbildungsstandort bekannt zu machen und den Fachkräftenachwuchs zu sichern

Die auf Initiative des BMBF gegründeten Kompetenznetze für Optische Technologien orientieren sich vorwiegend an den regionalen Akteuren und ihr Zusammenwirken in der Region. Fachlich konzentrieren sich die Aktivitäten auf die Handlungsfelder der Hauptstadtregion: Photonik für Kommunikation und Sensorik, Lasertechnik, Lichttechnik, Optische Analytik, Biomedizinische Optik und Augenoptik sowie Mikrosystemtechnik, deren konkrete Entwicklung im Masterplan „Optik“ Berlin Brandenburg dargestellt ist. Mit der Bildung des Clusters Optik und Photonik wurden weitere Akteure der Region eingebunden, um Kooperationen entlang der Wertschöpfungskette zu ermöglichen. Als Teil des Clustermanagements, das OptecBB gemeinsam mit der Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH und der Wirtschaftsförderung Land Brandenburg GmbH vertritt, stellt OpTecBB e. V. den Clustersprecher als Repräsentanten der Optik, Photonik und Mikrosystemtechnik.

Ansprechpartner: Dr. Frank Lerch

OpTecBB e. V.

Telefon: 030 63921728
E-Mail: lerch@optecbb.de
Webseite: www.optecbb.de

Laserverbund Berlin-Brandenburg e. V.

Der Laserverbund Berlin-Brandenburg widmet sich seit 1993 der regionalen Förderung der Lasertechnologie. Dazu nutzt der Verbund traditionelle sowie moderne Veranstaltungsformate um den Austausch zwischen Praktikern und Wissenschaftlern auf den Gebieten der Forschung, Entwicklung und Anwendung zu gestalten.

Der Laserverbund verfolgt unmittelbar und ausschließlich gemeinnützige Zwecke. Zurzeit hat der Laserverbund 23 institutionelle und 87 persönliche Mitglieder mit positiver Mitgliederentwicklung. Der Laserverbund hat sich zu dem Ansprechpartner bezüglich Lasertechnik und Laseranwendungen in der Region Berlin Brandenburg entwickelt.

Mitglieder des Laserverbunds Berlin-Brandenburg e. V. beim Anwendertreffen 2018 in Jena
© Laserverbund Berlin-Brandenburg e. V., Fotograf: Matthias Baumbach

Der Laserverbund Berlin-Brandenburg e. V. bietet:

- Kontakte zu Experten auf dem Gebiet der Lasertechnik
- Seminare und Workshops zu aktuellen Themen der Lasertechnik
- Erfahrungsaustausch im Anwendertreffen „Laser in der Materialbearbeitung“
- Austausch unter Fachleuten bei regelmäßig durchgeführten Laserstammtischen
- Ein breites Angebot mit Anbietern von Produkten und Dienstleistungen zur Lasertechnik in der Region Berlin Brandenburg

Ansprechpartner: Prof. Dr. Justus Eichstädt

Laserverbund Berlin-Brandenburg e. V.
c/o Technische Hochschule Brandenburg

Telefon: 03381 355 380
E-Mail: eichstaedt@laserverbund.de
Webseite: www.laserverbund.de

OABB optic alliance brandenburg berlin e. V.

Die Hauptstadtregion Brandenburg Berlin ist ein traditionsreicher Standort der Klassischen Optik/Augenoptik. Sie verfügt über leistungsfähige Unternehmen, ein bedeutendes Forschungs- und Entwicklungspotenzial sowie über eine ausgeprägte Infrastruktur in Bildung und Forschung.

Im Rahmen eines unternehmensgeführten Branchennetzes wurden durch Kooperation, Koordination und Bündelung dieser Potenziale ein landesweit und überregional wirkendes Netzwerk, die OABB optic alliance brandenburg berlin e. V. aufgebaut, das zu Recht als eines der bedeutendsten Netzwerke auf dem Fachgebiet der innovativen Augenoptik in Deutschland und Europa gilt.

Der Anspruch dieses Netzwerkes ist es, die Augenoptik der Region Brandenburg und Berlin zu einem national wie international bekannten und anerkannten Technologiestandort der Optik weiterzuentwickeln und zu etablieren. Ziel ist es, neue Innovationsschnittstellen zwischen Großfirmen, mittelständischen Unternehmen und wissenschaftlichen Einrichtungen unter Einbeziehung des augenoptischen Handwerks in der Hauptstadtregion zu erschließen. So bildet die Einbeziehung der Augenoptikerinnung des Landes Brandenburg mit ihrem Bildungs- und Technologiezentrum, der TH Brandenburg sowie des Oberstufenzentrums Havelland einen wichtigen Bereich. Hiermit stellt sich das Netzwerk aktiv der Herausforderung des weiteren Ausbaus der Region Brandenburg Berlin als Zentrum der akademischen und beruflichen Aus- und Weiterbildung im Bereich der Optik.

Innovation, Kompetenzentwicklung, Internationalisierung, Markterschließung, die Schaffung strategischer Partnerschaften in internationalen Ballungszentren augenoptischer Innovation sowie Branchen- und Standortprofilierung sind dabei zielführende Schwerpunkte der Arbeit von OABB optic alliance brandenburg berlin e. V. Die Netzwerkpartner verfügen mit ihrem Produkt und Leistungsfeld über alle wichtigen Kompetenzen in den augenoptischen und augenmedizinischen Technologiefeldern, wie: Brillenglas, Sonderlinsen, vergrößernde Sehhilfen, Brillenfassungen, augenoptischer Produktionsgerätebau, Werkstatttechnik, Verkaufsraumgestaltung sowie Aus- und Weiterbildung. Somit stellt der Standort mit seiner Vielschichtigkeit, Bündelung und Unternehmenskonzentration eine Komplexität augenoptischer Kompetenz in Deutschland dar und kann zu den modernsten Fertigungsstätten im europäischen Raum gezählt werden.

Ansprechpartner: Randolph Götze

OABB optic alliance brandenburg berlin e. V.

Telefon: 03385 572350
E-Mail: info@oabb.de
Webseite: www.oabb.de

Innovation Network for Advanced Materials (INAM) e. V.

INAM unterstützt die Entwicklung von innovativen und marktfähigen Produkten, die sich auf die Herstellung von funktionalen Materialien sowie Anwendungen und Prozesse mit funktionalen Materialien konzentrieren. Dazu gehören unter anderem Entwicklungen aus den Bereichen Sensorik, Wearables, Lichttechnik und optoelektronische Bauelemente oder Photovoltaik. Das Interesse besteht darin, Kompetenzen und Ressourcen zu bündeln, um Innovationen schneller auf den Markt zu bringen.

Das Netzwerk wurde Anfang des Jahres 2016 gegründet und wird bereits von 20 Partnern unterstützt: Osram, Weitnauer, Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie, Humboldt – Universität zu Berlin, Pilotfish, IRIS Adlershof, Fab Lab Berlin, Wista Management. Humboldt Innovation, Rudolph Graad, Specs, Inuru, Start Alliance, InnoEU, JNC sowie Würth Elektronik, Sabic, Robert Bosch und Takata als neueste Mitglieder. Das Netzwerk operiert als internationaler Verein und ist in Berlin stationiert. Es bietet seinen Mitgliedern eine Reihe von Veranstaltungen wie Workshops, Meet-ups, Members-Dinners und Präsentationen auf diversen Plattformen, um sich Informationen zu besorgen und Ideen auszutauschen.

Seit 2016 werden innovative Start-ups im Accelerator-Programm AdMaCom mit erfahrenen Mentoren zusammengebracht und ausgezeichnet
© Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH

Die Advanced Materials Competition (AdMaCom) ist ein Accelerator-Programm aus den Bereichen Photonik, Mikro-/Nanoelektronik und neue Materialien, das von INAM jährlich in Berlin organisiert wird. Die internationale Ausrichtung lockt Start-ups aus aller Welt an, sich beim technisch hochwertigen Matchmaking-Mentorship-Programm zu bewerben.

Ansprechpartner: Dr. Ferdinand Bartels

INAM e. V.
c/o SPECS Surface Nano Analysis GmbH

Telefon: 030 4678249100
E-Mail: ferdinand.bartels@inam.berlin
Webseite: www.inam.berlin

Das Kooperationsnetzwerk PHOENIX+

Das Photonics and Optoelectronics Network PHOENIX+ ist ein Verbund Berliner Akteure des Clusters Optik & Photonik bestehend aus dem Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut, dem Fraunhofer IPK, der Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH und dem OpTecBB e. V.

Das Projektteam hat es sich zur Aufgabe gemacht, die Initiierung von wirtschaftsbezogenen und grenzüberschreitenden Forschungs- und Entwicklungskooperationen zwischen Berliner Akteuren und den Partnerregionen in Polen, Japan, Brasilien und den USA im Bereich der Optischen Technologien zu fördern. Zudem informieren sie laufend über neue Ausschreibungen, wie beispielsweise vom Bundesministerium für Bildung Forschung (BMBF), die für das internationale Netzwerk interessant sein könnten und unterstützen bei der Antragsstellung auf Fördergelder.

Ansprechpartner: Gerrit Rössler

Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH

Tel.: 030 46 302 456
E-Mail: gerrit.roessler@berlin-partner.de
Webseite: www.optik-bb.de/phoenix

Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH

Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie ist die erste Anlaufstelle, wenn man in Berlin unternehmerisch aktiv werden will. Als Public Private Partnership betreibt Berlin Partner einerseits im Auftrag des Landes Berlin Wirtschafts- und Innovationsförderung. Andererseits setzen sich im Berlin-Partner-Netzwerk auch über 300 Unternehmen und wissenschaftliche Einrichtungen dafür ein, Berlin als Wirtschaftsstandort voranzubringen. Berlin Partner orientiert sich konsequent an den Bedürfnissen der Kunden. Unternehmen werden in jeder Phase ihres Wachstums begleitet: von Vorhabensqualifizierung, Förderung und Standortsuche über Personalrekrutierung, Innovationsberatung und Kooperationspartnersuche bis hin zu Schritten in internationale Märkte.

Berlin Partner

- hilft Unternehmen in Berlin zu wachsen
- sucht die geeignete Immobilie für jeden spezifischen Bedarf
- berät zu öffentlichen Förderprogrammen auf regionaler, nationaler und europäischer Ebene und stellt Kontakt zu Finanzierungsgebern her
- unterstützt bei der Suche nach Fach- und Führungskräften
- bietet einen Überblick über die wichtigsten Berliner Wachstumsbranchen
- entwickelt die fünf Cluster der gemeinsamen Innovationsstrategie Berlin Brandenburg
- unterstützt mit einem Patentservice bei Neuheitsrecherchen
- unterstützt bei Genehmigungs- und Visafragen in Zusammenhang mit den eigenen Investition
- bringt Partner aus Wirtschaft und Wissenschaft zusammen, um in F&E-Projekten Produkte und Prozesse zu verbessern
- bietet Plattformen für produktiven Austausch und gemeinsame Projekte

Unser Service aus einer Hand bedeutet kürzere Wege und schnellere Entscheidungen. So bleibt die Konzentration auf das Wesentliche: die unternehmerischen Ziele am Standort Berlin.

Ansprechpartner: Gerrit Rössler

Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH

Telefon: 030 46302456
E-Mail: gerrit.roessler@berlin-partner.de
Webseite: www.berlin-partner.de

Wirtschaftsförderung Land Brandenburg GmbH

Die Wirtschaftsförderung Land Brandenburg GmbH (WFBB) ist zentraler Ansprechpartner für Investoren, ansässige Unternehmer und technologieorientierte Existenzgründungen. Mit unserem Expertenwissen, unseren Kontakten und einer engen Vernetzung zu unseren Partnern sowie mit maßgeschneiderten Servicepaketen bieten wir alle Leistungen zur Wirtschafts- und Arbeitsförderung aus einer Hand – individuell, vertraulich und kostenfrei.

Die Wirtschaftsförderung Brandenburg unterstützt bei der Ansiedlung und Erweiterung, bei Innovationen, Internationalisierung und Vernetzung, vermittelt bei der Fachkräfteakquisition und der Weiterbildung von Beschäftigten, berät in Finanzierungs- und Fördermittelfragen und ist Lotse bei Wegen durch die Verwaltung. Die WFBB befördert damit die Weiterentwicklung der branchenbezogenen Wirtschaftscluster des Landes Brandenburg und der deutschen Hauptstadtregion. Die WFBB ist als Energiesparagentur zudem eng eingebunden in die Umsetzung der Energiestrategie des Landes.

Für die Realisierung des Auf- und Ausbaus von Clustern mit hohem Entwicklungspotenzial führt die WFBB das EFRE geförderte Projekt „Wege und Strategien für eine nachhaltige Clusterentwicklung sowie für clusterverbindende Herausforderungen in Brandenburg 2018 – 2020“ durch. Zentrale Aufgabe der im Projekt eingerichteten Clustermanagements ist es, die Themen der jeweiligen Masterpläne gemeinsam mit den Partnern umzusetzen und Akteure gezielt zu vernetzen.

Die Gesellschaft ist mit ihrer Zentrale in Potsdam, Regionalcentern in Cottbus, Eberswalde, Frankfurt (Oder), Neuruppin und Potsdam und einem Ansiedlungsbüro in Schönefeld im ganzen Land Brandenburg vertreten.

Ansprechpartnerin: Dr. Anne Techen

Wirtschaftsförderung Land Brandenburg GmbH

Telefon: 0331 73061424
E-Mail: Anne.Techen@wfbb.de
Webseite: www.wfbb.de

7 Index

7 Index

Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH und die Wirtschaftsförderung Land Brandenburg GmbH danken allen Beteiligten für die Mitarbeit an diesem Clusterreport, einschließlich der Bereitstellung des Bildmaterials. Die Auswahl der porträtierten Unternehmen und Forschungseinrichtungen ist exemplarisch für die Region und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Unternehmen	Webseite
5micron GmbH	www.5micron.de
Adlares GmbH	www.adlares.com
AdlOptica Optical Systems GmbH	www.adloptica.com
ADVA Optical Networking	www.advaoptical.com
Advanced Laser Diode Systems (A.L.S.) GmbH	www.alsgmbh.com
AEMtec GmbH	www.aemtec.de
ALCON Pharma GmbH (a Novartis division)	www.de.alcon.com
Allresist Gesellschaft für chemische Produkte und Mikrostrukturierung mbH	www.allresist.de
Aoyama Optical Germany GmbH	www.aoyama-optical.de
APE – Angewandte Physik & Elektronik GmbH	www.ape-berlin.de
Arc Precision GmbH	www.arcprecision.com
Arquimea Deutschland GmbH	www.arquimea.de
art photonics GmbH	www.artphotonics.de
Artrolux GmbH	www.artrolux.de
ASKANIA Mikroskop Technik Rathenow GmbH	www.askania.de
ATN Automatisierungstechnik Niemeier GmbH	www.atn-berlin.de
Baer – Optical Engineering	www.baer-oe.de
Baumer Hübner GmbH	www.baumer.com
Becker & Hickl GmbH	www.becker-hickl.com
Berliner Glas KGaA Herbert Kubatz GmbH & Co.	www.berlinerglas.de
BESTEC GmbH	www.bestec.de
Bi-Ber GmbH & Co. Engineering KG	www.bilderkennung.de
Brilliance FAB Berlin GmbH	www.berlin-bfb.de
Bruker Nano GmbH	www.bruker.com/nano-analytics
Canlas GmbH	www.canlas.de
Carl Zeiss Meditec AG	www.zeiss.de/meditec-ag
CHRONOS VISION GmbH	www.chronos-vision.de
Clinical Laserthermia Systems GmbH	www.clinicallaser.se/en
Colibri Photonics GmbH	www.colibri-photonics.com
ColVisTec AG	www.colvistec.de
Comde-Derenda GmbH	www.comde-derenda.com
Compact Laser Solutions GmbH	www.compactlaser.de
Coriant	www.coriant.com
Corning Optical Communications GmbH & Co. KG	www.corning.com/emea/de.html
CryLaS Crystal Laser Systems GmbH	www.crylas.de
Crystal GmbH	www.crystal-gmbh.com
Crystalix Enterprises AG	www.crystalix.com
Czibula & Grundmann GmbH	www.photo-meter.de

deka Sensor + Technologie Entwicklungs- und Vertriebgesellschaft GmbH	www.deka-s-t.com
dentaZOOM Dentalmikroskope UG (haftungsbeschränkt)	www.dentazoom.de
DiaMonTech GmbH	www.diamontech.de
DoroTEK Gesellschaft für Systemtechnik mbH	www.dorotek.de
Dr. Michael Himmelhaus – NanoBioAnalytics	www.nanobioanalytics.com
Dr. Türck Ingenieurbüro GmbH	www.tuerck-ing.de
DResearch Digital Media Systems GmbH	www.dresearch.de
eagleyard Photonics GmbH	www.eagleyard.com
Easy Lights GmbH	www.easy-lights.eu
Ekos GmbH	www.ekos-gmbh.de
Ellex Deutschland GmbH	www.ellex.com
Endress+Hauser Messtechnik GmbH+Co. KG	www.de.endress.com/de
Epigap Optronic GmbH	www.epigap-optronic.de
escotec Lasertechnik GmbH	www.escotec.com
ESYS GmbH	www.esys.eu
Everest Scientific Europe	www.everestinstruments.in
F&K Physiktechnik GmbH	www.fkphysiktechnik.com
FCC FibreCableConnect GmbH	www.fibrecableconnect.de
Fiagon AG Medical Technologies	www.fiagon.de
Fielmann AG	www.fielmann.de
Finetech GmbH & Co KG	www.finetech.de
Finisar	www.finisar.com
Finow Automotive GmbH	www.finowautomotive.de
First Sensor AG	www.first-sensor.com
First Sensor Microelectronic Packaging GmbH	www.first-sensor.com
Fisba Photonics GmbH	www.fisba.com
FLEXIM GmbH	www.flexim.com
FOC-fibre optical components GmbH	www.foc-fo.de
FutureLED GmbH	www.futureled.de
G. Lufft Mess- und Regeltechnik GmbH	www.lufft.com
GEFERTEC GmbH	www.gefertec.de
GETEMED Medizin- und Informationstechnik AG	www.getemed.net/de
Golares GmbH	www.golares.de
greateyes GmbH	www.greateyes.de
Hans Boehlke Elektroinstallationen GmbH	www.boehlke-beleuchtung.de
Helmut Fischer GmbH	www.helmut-fischer.de
HIGHYAG Lasertechnologie GmbH	www.highyag.de
Holoeye Photonics AG	www.holoeye.com
Humedics GmbH	www.humedics.eu/de
ic! berlin brillen gmbh	www.ic-berlin.de
II-VI Directphotonics GmbH	www.directphotonics.com
imc Meßsysteme GmbH	www.imc-berlin.de
Ingenieurbüro Hüyüktepe, Helios Laser-Service	www.helios-laser.de

IOM Innovative Optische Messtechnik GmbH	www.iom-berlin.de
INURU GmbH	www.inuru.de
iris-GmbH infrared & intelligent sensors	www.irisgmbh.de
iSOLID	www.isolid.org
ISRA Vision Graphikon GmbH	www.isravision.com
itec Automation & Laser AG	www.itec-online.de
JCMwave GmbH	www.jcmwave.com
JenLab GmbH	www.jenlab.de
Jenoptik AG	www.jenoptik.de
Jenoptik Polymer Systems GmbH	www.jenoptik.com/optoelectronics
JP-ProteQ	www.jp-proteq.com
Kardorff Ingenieure Lichtplanung GmbH	www.kardorff.de
Karlheinz Gutsche GmbH	www.gutsche-feinoptik.de
KNAUER Wissenschaftliche Geräte GmbH	www.knauer.net
KOMLAS Optische Komponenten und Lasersysteme GmbH	www.komlas.de
L.U.M. GmbH	www.lum-gmbh.com
Laser Electronics LE GmbH	www.laser-electronics.de
Laser Micro Präzision LMP GmbH	
Laseraplikon GmbH	www.laseraplikon.de
Laser-Mikrotechnologie Dr. Kieburg GmbH	www.laser-mikrotech.de
LASERTECHNIK Brandenburg/Havel GmbH	www.lasertechnik-brandenburg.de
LayTec AG	www.laytec.de
LEDVANCE GmbH	www.ledvance.de
Leoni Fiber Optics GmbH	www.leoni-fiber-optics.com
leuchtstoff*	www.leuchtstoff.de
LHW GmbH	www.laser-lhw.de
Licht Kunst Licht AG	www.lichtkunstlicht.com/de
Lichtvision Design GmbH	www.lichtvision.de
LIGHT-TOOL	www.light-tool.de
Limax Bühnen- und Studiobeleuchtung GmbH	www.limax-erkner.de
Limmer Laser GmbH	www.limmerlaser.de
LittleSun GmbH	www.littlesun.com
LLA Instruments GmbH	www.lla.de
LMT Lichtmesstechnik GmbH Berlin	www.lmt-berlin.de
Loptek GmbH & Co. KG	www.loptek.de
L - P L A N LIGHTING DESIGN GERMER-ROHDE ARCHITEKTEN PARTGmbB	www.l-plan.de
LTB Lasertechnik Berlin GmbH	www.ltb-berlin.de
Lumi-Con – Beleuchtungstechnik	www.lumi-con.de
Lumics GmbH	www.lumics.de
Magnosco GmbH	www.magnosco.com
Makea Industries GmbH	www.makea.org
Mawa Design Licht- und Wohnideen GmbH	www.mawa-design.de

Medipan GmbH	www.medipan.de
MGB Endoskopische Geräte GmbH Berlin	www.mgb-berlin.de
Micon Medizintechnik GmbH	www.micon.info
Mister Spex GmbH	www.misterspex.de
MOM GmbH	www.mom-gmbh.de
MYKITA GmbH	www.mykita.com
Newport Spectra-Physics GmbH	www.spectra-physics.com
NIRx Medizintechnik GmbH	www.nirx.net
OBERON GmbH Fiber Technologies	www.oberonfiber.com
Obrira Optik Brillen Rathenow	www.obrira.de
Oculentis GmbH	www.oculentis.com
Oculyze GmbH	www.oculyze.de
OD-OS GmbH	www.od-os.com
OLIGO surface controls GmbH	www.surface-controls.de
Ophthalmica Brillengläser GmbH & Co. KG	www.ophthalmica.eu
OPTOTEC Optotechnischer Gerätebau GmbH Rathenow	www.optotec-shop.eu
opTricon – Entwicklungsgesellschaft für Optische Technologien mbH	www.optricon.de
Optris GmbH	www.optris.de
Optronik	www.optronik.de
OSA Opto Light GmbH	www.osa-opto.com
oSol:e GmbH	www.osole.net
OSRAM GmbH	www.osram.de
Ostech e.K.	www.ostech.de
Pac Tech – Packaging Technologies GmbH	www.pactech.com
Panta Rhei gGmbH	www.b-tu.de/pantarhei-cottbus
PBC Lasers GmbH	www.pbc-lasers.com
PDW Analytics GmbH	www.pdw-analytics.de
Pepperl+Fuchs Vertrieb Deutschland GmbH	www.pepperl-fuchs.com/germany/de
Pewen Frames	www.pewen-frames.com
Photon AG	www.le-photonag.com
PhotonTec Berlin GmbH	www.photontec-berlin.com
pi4_robotics GmbH	www.pi4.de
Picoquant GmbH	www.picoquant.com
Polytec GmbH	www.polytec.com/de
PRC Krochmann	www.prc-krochmann.com
Prignitz Mikrosystemtechnik GmbH	www.prignitz-mst.de
Professional Lighting Design Convention	www.pld-c.com
PT Photonic Tools GmbH	www.photonic-tools.de
Raab-Photonik GmbH	www.raab-photonik.com
Rayner Surgical GmbH	www.rayner.com
Raytek GmbH	www.raytek.com
ROBERT RIELE GmbH & Co KG	www.riele.de

Roland Consult Stasche & Finger GmbH	www.roland-consult.com
Scansonic MI/IPT GmbH	www.scansonic.de
Schlegel Medizintechnik GmbH	www.schlegel-medtec.de
Schleicher Electronic Berlin GmbH	www.schleicher.berlin
Schmidt + Haensch GmbH & Co.	www.schmidt-haensch.com
Scopis GmbH	www.navigation.scopis.com
Secopta analytics GmbH	www.secopta.de
Selux AG	www.selux.com
SensoMotoric Instruments Gesellschaft für innovative Sensorik mbH	www.smivision.com
SENTECH Instruments	www.sentech.de
sglux GmbH	www.sglux.de
SHF Communication Technologies AG	www.shf.de
Sicoya GmbH	www.sicoya.com/de
Silicon Radar GmbH	www.siliconradar.de
Sill Leuchten GmbH	www.sill-lighting.com
Siut GmbH	www.siut.eu
SLT Sensor- und Lasertechnik GmbH	www.pyrosensor.de
Smart Laser Systems GmbH	www.sls-berlin.de
SOLIRA Sonderlinsen GmbH Rathenow	www.solira.de
SOPAT GmbH	www.sopat.de
Specs GmbH	www.specs.de
Stöbich technology GmbH	www.stoebich-technology.de
Studio Dinnebier	www.lichtlicht.de
SUMOLIGHT GmbH	www.sumolight.com
SuperVista AG	www.brillen.de
sygns GmbH	www.sygns.de
Tektronix GmbH	https://de.tek.com
TQ Technology Inc.	www.tqtechnology.com
TRIOPTICS Berlin GmbH	www.trioptics-berlin.com
TRUMPF GmbH + Co. KG	www.trumpf.com
TuR – Röntgentechnik GmbH	www.tur-x-ray.com
u2t Photonics AG	www.finisar.com
Umweltanalytische Produkte GmbH	www.upgmbh.com
Umwelt - Geräte - Technik GmbH	www.ugt-online.de
UVphotonics NT GmbH	www.uvphotonics.de
Vistac GmbH	www.vistac.de
V-I-Systems GmbH	www.v-i-systems.com
volatiles lighting GmbH	www.volatiles.lighting
VPIphotonics GmbH	www.vpiphotonics.com
W.O.M. World Of Medicine GmbH	www.wom.group/de
WaveLight GmbH	www.wavelight.de
Xion GmbH	www.xion-medical.com/de

Wissenschaftliche Einrichtungen	Webseite
Berlin Center for Advanced Neuroimaging (BCAN)	www.berlin-can.de
Berlin Center of Advanced Packaging (BeCAP)	www.izm.fraunhofer.de/de/institut/netzwerk_weltweit/becap.html
Berliner Zentrum für Mechatronische Medizintechnik (BZMM)	https://robotics.charite.de
Berlin Experimental Radionuclide Imaging Center (BERIC)	nuklearmedizin.charite.de/forschung/praeklinische_forschung
Berlin Laboratory for innovative X-ray Technologies (BLiX)	www.blix.tu-berlin.de
Beuth Hochschule für Technik Berlin	www.beuth-hochschule.de
Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg (BTU)	www.b-tu.de
Fachgebiet Mikro- und Nanosysteme	www.b-tu.de/fg-mikro-nanosysteme
Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)	www.bam.de
Fachbereich Mikro-Zerstörungsfreie Prüfung (ZFP)	www.bam.de/Navigation/DE/Ueber-die-BAM/Organisation/Organigramm/Praesident/Abteilung-8/fachbereich-85/fachbereich85.html
Fachbereich Nano-Tribologie und Nanostrukturierung von Oberflächen	www.bam.de/Navigation/DE/Ueber-die-BAM/Organisation/Organigramm/Praesident/Abteilung-6/fachbereich-66/fachbereich66.html
Fachbereich Oberflächenmodifizierung und Oberflächenmesstechnik	www.bam.de/Navigation/DE/Ueber-die-BAM/Organisation/Organigramm/Praesident/Abteilung-6/fachbereich-67/fachbereich67.html
Center of Experimental and Applied Cutaneous Physiology (CCP)	www.ccp-berlin.org
Charité – Universitätsmedizin Berlin	www.charite.de
Charité Comprehensive Cancer Center (CCCC)	cccc.charite.de
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)	www.dlr.de
Earth Observation Center (EOC)	www.dlr.de/eoc/de
Institut für Optische Sensorsysteme	www.dlr.de/os
Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY	www.desy.de/ueber_desy/organisation/zeuthen/index_ger.html
Deutsches Herzzentrum Berlin	www.dhzb.de
Deutsches Krebsforschungszentrum, Small Animal Imaging Center Berlin	www.dkfz.de/en/kleintierbildgebung/index.html
Fraunhofer-Gesellschaft	www.fraunhofer.de
Fraunhofer Leistungszentrum „Digitale Vernetzung“	www.digitale-vernetzung.org
Fraunhofer Leistungszentrum „Integration biologischer und physikalisch-chemischer Materialfunktionen“	www.iap.fraunhofer.de/de/Forschungsbereiche/leistungszentrum-funktionsintegration.html
Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP	www.iap.fraunhofer.de
Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut, HHI	www.hhi.fraunhofer.de
Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme FOKUS	www.fokus.fraunhofer.de
Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme IPMS	www.ipms.fraunhofer.de
Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK	www.ipk.fraunhofer.de
Fraunhofer-Institut für Zelltherapie und Immunologie, Institutsteil Bioanalytik und Bioprozesse IZI-BB	www.izi-bb.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM	www.izm.fraunhofer.de
Fraunhofer-Verbund Life Sciences	www.lifesciences.fraunhofer.de
Freie Universität Berlin, Fachbereich Physik	www.physik.fu-berlin.de
Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft (FHI)	www.fhi-berlin.mpg.de
Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie (HZB)	www.helmholtz-berlin.de
CoreLab für Quantenmaterialien	www.helmholtz-berlin.de/quellen/Corelabs/quantum-materials/index_de.html
Energy Materials In-situ Laboratory EMIL	www.helmholtz-berlin.de/quellen/corelabs/emil/index_de.html
Nanometeroptik und Technologie	www.helmholtz-berlin.de/quellen/corelabs/quantum-materials/index_de.html
PVcomB Kompetenzzentrum Dünnschicht- und Nanotechnologie für Photovoltaik Berlin	www.pvcomb.de
Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungs-Zentrum, Arbeitsgruppe Fernerkundung	www.gfz-potsdam.de/sektion/fernerkundung/ueberblick
Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin (HTW)	www.htw-berlin.de
Humboldt-Universität zu Berlin (HU)	www.hu-berlin.de
Arbeitsgruppe Nano-Optik	www.physik.hu-berlin.de/de/nano
Arbeitsgruppe Quantenoptik und Metrologie	www.physics.hu-berlin.de/en/qom
Institut für Optik und Photonik	www.physik.hu-berlin.de/de/op
Institut für angewandte Photonik (IAP)	www.iap-adlershof.de
Institut für Dünnschichttechnologie und Mikrosensorik e. V. (IDM)	www.idm-teltow.de
Joint Lab für Bioelektronik	www.bioprocess.tu-berlin.de/menue/joint_lab_bioelectronics
Joint Lab GaN Optoelectronics	www.fbh-berlin.de/forschung/photonik/gan-optoelektronik
Joint Lab Laser Metrology	www.fbh-berlin.com/research/photonics/laser-metrology/joint-lab
Joint Lab Silizium Photonik	www.eecs.tu-berlin.de/menue/einrichtungen/institute/ihh
Julius-Kühn-Institut Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen (JKI)	www.julius-kuehn.de
Leibniz-Gemeinschaft	www.leibniz-gemeinschaft.de
Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik (FBH)	www.fbh-berlin.de
Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB)	www.atb-potsdam.de
Leibniz-Institut für Analytische Wissenschaften – ISAS – e. V.	www.isas.de
Leibniz-Institut für Analytische Wissenschaften – ISAS – e. V., Arbeitsgruppe In-situ Spektroskopie	www.isas.de/In-situ-Spektroskopie.573.0.html
Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam (AIP)	www.aip.de
Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik (IHP)	www.ihp-microelectronics.com
Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ)	www.ikz-berlin.de
Max-Born-Institut für Nichtlineare Optik und Kurzzeitspektroskopie (MBI)	www.mbi-berlin.de
Max-Planck-Gesellschaft	www.mpg.de
Max-Planck-Institut für Graviationsphysik – Albert-Einstein-Institut (AEI)	www.aei.mpg.de
Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung (MPIKG)	www.mpikg.mpg.de

Max-Planck-Institut für Molekulare Pflanzenphysiologie (MPIMP)	www.mpimp-golm.mpg.de
Optotransmitter-Umweltschutz-Technologie e. V. (OUT e. V.)	www.out-ev.de
Paul-Drude-Institut für Festkörperelektronik (PDI)	www.pdi-berlin.de
Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)	https://www.ptb.de/cms/ueber-uns-karriere/ueber-uns/ptb-in-berlin.html
Technische Hochschule Brandenburg, Fachbereich Technik	www.th-wildau.de/forschung-transfer/photonik-laser-und-plasmatechnologien
Technische Hochschule Wildau	www.th-wildau.de
Institut für Angewandte Biowissenschaften	www.th-wildau.de/forschung-transfer/institut-fuer-angewandte-biowissenschaften
Arbeitsgruppe Photonik, Laser- und Plasmatechnologien	www.th-wildau.de/forschung-transfer/photonik-laser-und-plasmatechnologien
Arbeitsgruppe Werkstofftechnik	www.th-wildau.de/forschung-transfer/zentrum-fuer-forschung-und-transfer/transferservice/transferpass/produktion-und-material/werkstofftechnik
Technische Universität Berlin (TUB)	www.tu-berlin.de
Arbeitsgruppe Analytische Röntgenspektroskopie	www.axp.tu-berlin.de/ag_kanngiesser
Arbeitsgruppe Optoelektronik und Quantenbauelemente	www.ifkp.tu-berlin.de/menue/arbeitsgruppen/ag_reitzenstein
Fachgebiet Bioenergetik	www.bioenergetik.tu-berlin.de/menue/bioenergetik
Fachgebiet Füge- und Beschichtungstechnik	www.fbt.tu-berlin.de/menue/beschichtungstechnik
Lichttechnik	www.li.tu-berlin.de
Institut für Festkörperphysik (IFKP)	www.ifkp.tu-berlin.de
Institut für Optik und atomare Physik (IOAP)	www.ioap.tu-berlin.de
Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb (IWF)	www.iwf.tu-berlin.de/menue/institut_fuer_werkzeugmaschinen_und_fabrikbetrieb
Universität der Künste (UdK), Arbeitsgruppe „Industrial Design – Technologie und Konstruktion“	www.design.udk-berlin.de/Prof_Holger_Neumann
Universität Potsdam	www.uni-potsdam.de
Arbeitsgruppe Ultrafast Dynamics in Condensed Matter	www.udkm.physik.uni-potsdam.de/research-interests
Arbeitsgruppe Physikalische Chemie	www.chem.uni-potsdam.de/groups/pc
Institut für Erd- und Umweltwissenschaften, Labor für Elektronen-Mikrosonden-Analytik (EMPA)	www.geo.uni-potsdam.de/elektronik-mikrosonde.html
Institut für Physik	www.physik.uni-potsdam.de
Zentrum für Innovationskompetenz innoFSPEC (Innovative faseroptische Spektroskopie und Sensorik) – Potsdam	www.innofspec.de
Zentrum für Luft- und Raumfahrt (ZLR)	www.zlur.de

Netzwerke, Projekte und Institutionen	Webseite
Advanced UV for Life	www.advanced-uv.de
ASTROSE	www.astrose.de
Berlin leuchtet e. V.	www.berlin-leuchtet.com
Cluster Optik und Photonik Berlin Brandenburg	www.optik-bb.de
Deutsche Lichttechnischen Gesellschaft (LiTG)	www.litg.de
DiagnostikNet-BB e. V.	www.diagnostiknet-bb.de
Extreme Light Infrastructure (ELI)	www.eli-laser.eu
FabLab Berlin	www.fablab.berlin
Festival of Lights	www.festival-of-lights.de
Förderverein für Lichttechnik an der TU Berlin	www.li.tu-berlin.de/menue/einrichtungen/foerderverein/
Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland	www.forschungsfabrik-mikroelektronik.de
GraFOx „Growth and Fundamentals of Oxides for Electronic Applications“	http://grafox.pdi-berlin.de
Gründerzentrum GO:IN	www.goin-potsdam.de
Imaging Netzwerk Berlin	www.imaging-netzwerk-berlin.de
Innovation Network for Advanced Materials (INAM) e. V.	www.inam.berlin
IZBM Innovations-Zentrum Berlin Management GmbH	www.adlershof.de/wirtschaft-wissenschaft/gruenderzentren-in-berlin
Laserverbund Berlin-Brandenburg e. V.	www.laserverbund.de
OABB optic alliance brandenburg berlin e. V.	www.oabb.de
Optec-Berlin-Brandenburg (OpTecBB) e. V.	www.optecbb.de
PhoxLab	www.phoxlab.eu
PolyPhotonics Berlin	www.polyphotonics-berlin.de
Standortmanagement Golm GmbH	www.wissenschaftspark-potsdam.de
Start-a-Factory	www.izm.fraunhofer.de/de/institut/wege_der_zusammenarbeit/start-a-factory.html
Technologie- und Gründerzentrum TGZ Wildau	www.tgz-wildau.de
Wissenschaftsladen Potsdam e. V.	www.machbar-potsdam.de
WISTA MANAGEMENT GmbH	www.wista.de

8 Impressum

Clusterreport Optik und Photonik
in der Hauptstadtregion Berlin Brandenburg

Herausgeber
Herausgeber dieser Broschüre ist die

Wirtschaftsförderung Brandenburg | WFBB

Wirtschaftsförderung Land Brandenburg GmbH
Babelsberger Straße 21
14473 Potsdam

Telefon: 0331 730610
E-Mail: info@wfbb.de
Internet: www.wfbb.de
sowie www.brandenburg-business-guide.de

Mit freundlicher Unterstützung der

Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie

Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH
Fasanenstr. 85
10623 Berlin

Telefon: 030 46302-500
E-Mail: info@berlin-partner.de
Internet: www.berlin-partner.de
sowie www.businesslocationcenter.de

Wir weisen darauf hin, dass das Urheberrecht sämtlicher Texte und Grafiken in diesem Report bei den Autoren, vertreten durch den Herausgeber, liegt. Die begründeten Urheberrechte bleiben umfassend vorbehalten. Jede Form der Vervielfältigung zum Beispiel auf drucktechnischem, elektronischem, optischem, photomechanischem oder ähnlichem Wege – auch auszugsweise – bedarf der ausdrücklichen, schriftlichen Einwilligung sowohl des Herausgebers als auch des jeweiligen Autors der Texte und Grafiken.

Für die Inhalte der redaktionellen Beiträge kann der Herausgeber keine Gewähr übernehmen. Diese Buchausgabe bildet den temporären Stand eines kontinuierlichen Arbeitsprozesses ab. Obwohl bei der Zusammenstellung der Informationen größte Sorgfalt angewandt wurde, können Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH und die Wirtschaftsförderung Land Brandenburg GmbH für die Aktualität, Richtigkeit oder Vollständigkeit keine Gewähr übernehmen. In keinem Fall können Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH sowie die Wirtschaftsförderung Land Brandenburg GmbH für etwaige Schäden irgendwelcher Art verantwortlich gemacht werden, die durch die Benutzung oder im Zusammenhang mit der Benutzung der hier bereitgestellten Informationen entstehen, seien es direkte oder indirekte Schäden bzw. Folgeschäden einschließlich entgangenen Gewinns.
Alle Angaben ohne Gewähr.

Redaktionelle Leitung:
Clustermanagement Optik und Photonik Berlin Brandenburg

Autoren:
Dr. Andreas Thoß, THOSS Media GmbH
Dr. Dirk Eidemüller, Wissenschaftsjournalist/Autor
Uta Voigt, Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik (FBH)
Katharina Kunze, Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik (FBH)
Dr. Frank Lerch, Optec-Berlin-Brandenburg (OpTecBB) e. V.

Literatur:

Leupolt, B. (1993): Entwicklung der Industrie in Berlin-Brandenburg. In: Geographische Rundschau BD. 45, H. 10, S. 594–599
OpTecBB e. V. (2016): Bildungsatlas „Optische Technologien und Mikrosystemtechnik in Berlin und Brandenburg“, Berlin
Statistisches Amt von Groß-Berlin (1947): Ergebnisse der Arbeitsstättenzählung in Berlin vom 12.08.1945. Mitteilungen aus Verwaltung und Wirtschaft, Sonderheft 2, Berlin 1947
Zaun, J. (2002): Innovationen im optischen und feinmechanischen Instrumentenbau. Der Einfluss der Wissenschaft auf die Instrumentenentwicklung im 19. Jahrhundert. In: Technikgeschichte 69 (3), S. 207–222

Layout und Grafik:
mdsCreative GmbH

Druck:
ARNOLD group

Bildnachweis:
Titelbild: Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH

Potsdam, September 2018

EUROPÄISCHE UNION
Europäischer Fonds für Regionale Entwicklung

Diese Broschüre wurde aus dem Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) und mit Mitteln des Landes Brandenburg kofinanziert.

Unser Ziel: Ihr Erfolg!

Berlin und Brandenburg fördern das Cluster Optik und Photonik durch eine länderübergreifende Wirtschaftspolitik. Das Clustermanagement erfolgt durch Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH, den Optec-Berlin-Brandenburg (OpTecBB) e. V. sowie die Wirtschaftsförderung Land Brandenburg GmbH.

Unser Ziel ist es, Unternehmen und Wissenschaftseinrichtungen in den Bereichen der Optik und Photonik bei der Ansiedlung oder Weiterentwicklung am Standort umfassend zu unterstützen.

Wir helfen bei:

- **Standortsuche**
- **Förderung und Finanzierung**
- **Technologietransfer und F&E-Kooperationen**
- **Zusammenarbeit in Netzwerken**
- **Mitarbeiterrekrutierung**
- **Internationaler Markterschließung**

Sprechen Sie uns jederzeit gerne an!
www.optik-bb.de

Wirtschaftsförderung Brandenburg | WFBB

Wirtschaftsförderung Land Brandenburg GmbH
Babelsberger Straße 21
14473 Potsdam
www.wfbb.de

Ansprechpartnerin:
Dr. Anne Techen
Tel: 0331 73061424
anne.techen@wfbb.de

Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie

Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH
Fasanenstraße 85
10623 Berlin
www.berlin-partner.de

Ansprechpartner:
Gerrit Rössler
Tel: 030 46302456
gerrit.roessler@berlin-partner.de

OpTecBB

OpTecBB e. V.

Rudower Chaussee 25
12489 Berlin
www.optecbb.de

Ansprechpartner:
Dr. Frank Lerch
Tel: 030 63921728
lerch@optecbb.de

EUROPÄISCHE UNION

Europäischer Fonds für Regionale Entwicklung

Diese Broschüre wurde aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) und mit Mitteln des Landes Brandenburg kofinanziert.