LAND BRANDENBURG

be Berlin

Optische Analytik

in der Hauptstadtregion Berlin-Brandenburg

THE GERMAN CAPITAL REGION

excellence in photonics

LAND BRANDENBURG

be Berlin

Berlin-Brandenburg.
The region for precision.

www.photonics-bb.com

THE GERMAN CAPITAL REGION
excellence in photonics

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 5

2 Das Handlungsfeld Optische Analytik in Zahlen 7

3 Geschichte der Optischen Analytik in Berlin-Brandenburg 11

4 Standorte 17

4.1 Technologiepark Adlershof 18
4.2 Wissenschaftspark Potsdam-Golm 23
4.3 Campus Charlottenburg 26
4.4 Technologiestandort Berlin-Südwest 29

5 Forschung & Industrie 33

5.1 Prozessmesstechnik 34
5.2 Umweltanalytik 41
5.3 Bioanalytik 44
5.4 Dünnschichtanalytik 48
5.5 Sicherheitstechnik 55
5.6 Astronomie und Raumfahrt 58

6 Aus- und Weiterbildung 61

7 Branchenplattformen 65

8 Unternehmen & Forschungseinrichtungen im Überblick 69

9 Impressum 74

1 Einleitung

Der Begriff Optische Analytik beschreibt Technologien und Methoden die wir nutzen, um mit Hilfe von Licht ganz verschiedene Eigenschaften von Stoffen oder Körpern zu messen. Licht als Messinstrument ist sehr universell, so lassen sich die Eigenschaften einzelner Atome damit messen, aber auch der Sauerstoffgehalt im Blut. Diese Methoden sind meist sehr genau und berührungslos, viele technische Verfahren werden durch sie erst möglich.

Der vorliegende Report “Optische Analytik in Berlin und Brandenburg” zeigt eindrucksvoll, in wie vielen Bereichen von Industrie und Forschung wir heute Methoden der optischen Analytik benutzen. Moderne Prozessmesstechnik ist ohne sie kaum denkbar, um nur ein Beispiel zu nennen.

Die Präzision in der Analyse, eine hohe Verarbeitungsgeschwindigkeit und die schnelle Umsetzung in digitale Daten machen die optische Analytik zu einem entscheidenden Werkzeug in modernen Produktionsverfahren. Für Zukunftskonzepte wie Industrie 4.0 liefern diese Messverfahren exakte qualitative und quantitative Angaben zu jedem Fertigungsschritt.

Um die Methoden dafür zu entwickeln, benötigt man nicht nur eine exzellente Forschungs-landschaft sondern auch eine enge Vernetzung mit der Industrie. Mit 22 öffentlichen und privaten Forschungseinrichtungen, welche sich direkt mit der Entwicklung von Methoden für die optische Analytik beschäftigen, bietet Berlin und Brandenburg dafür ausgezeichnete Voraussetzungen. Die fachliche Breite hierbei ist beeindruckend: Von der Astronomie bis zur Gesundheitswirtschaft, von Materialwissenschaft bis zur mathematischen Simulation sind Forschungseinrichtungen der verschiedensten Richtungen an Projekten zur optischen Analytik hier in der Region beteiligt.

Von dieser Forschungsinfrastruktur profitiert die lokale Wirtschaft direkt: Neue Ideen und Technologien werden zum Beispiel in Technologieparks in direkter Zusammenarbeit mit kleinen und mittelständischen Unternehmen entwickelt. Kurze Wege und eine nachhaltig gewachsene Vernetzung sind typisch für die Wissenschafts- und Technologieparks der Region. Sie helfen, Forschungsergebnisse schnell und effizient in marktreife Produkte zu überführen.

Der intensive Austausch über fachliche Grenzen hinweg hat zur Entwicklung hocheffizienter und professioneller Netzwerkstrukturen geführt. Gerade beim Aufbau neuer Verbindungen mit der Industrie helfen sie, Zeit und Geld zu sparen und in kürzester Zeit neue Partner für gemeinsame Entwicklungsprojekte zu finden.

Die enge Vernetzung zahlt sich aus: Im globalen Wettbewerb können sich Hochtechnologie-Unternehmen aus der Region behaupten und stetig wachsen. Der innovative Kern von Technologieunternehmen im Handlungsfeld Optische Analytik umfasst heute 55 Unternehmen mit über 3000 Mitarbeitern. Allein in den letzten 10 Jahren sind dort mehr als 1300 neue Arbeitsplätze entstanden.

Diese dynamische Entwicklung lässt sich nur durch hochqualifiziertes Personal bewerkstelligen. In der Region Berlin-Brandenburg gibt es dazu eine Vielzahl von attraktiven Fort- und Weiterbildungsangeboten. Neben den 10 Universitäten und technischen Hochschulen, welche Bachelor-, Master- und Promotionsabschlüsse ermöglichen, bieten viele Unternehmen und Forschungseinrichtungen die klassische duale Ausbildung mit einem praktischen Teil im Unternehmen und einem theoretischen Teil in der Berufsschule an.

In diesem innovativen Umfeld von Industrie, Forschungszentren und Hochschulen entstehen dabei immer wieder neue Unternehmen, die weltweit zu den Besten gehören.

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. Im vor-liegenden Report finden Sie eine Übersicht zu den lokalen Angeboten und Strukturen, die Ihnen helfen soll, neue Kontakte zu etablieren und die Vorteile der Hauptstadtregion effizient zu nutzen.

Prof. Dr. Birgit Kanngießer,
Technische Universität Berlin

Prof. Dr. Norbert Esser,
Leibniz-Institute for Analytical Sciences – ISAS – e.V.

2 Das Handlungsfeld Optische Analytik in Zahlen

2 Das Handlungsfeld Optische Analytik in Zahlen

Handlungsfeldstruktur und Anwendungsschwerpunkte

Insgesamt konnten in Berlin-Brandenburg 55 Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes der optischen Analytik zugeordnet werden. Davon entfallen 48 auf Berlin und 7 auf Brandenburg. Im Wissenschaftssektor sind 5 Hochschulen und 17 außeruniversitäre Forschungseinrichtungen in der Branche tätig, insgesamt 6 in Brandenburg und 16 in Berlin. Drei der Unternehmen haben mehr als 250 Beschäftigte in Berlin und Brandenburg: Berliner Glas, Hach Lange und First Sensor. Weitere 10 Unternehmen beschäftigen zwischen 50 und 250 Mitarbeiter in der Region, 16 haben weniger als 10 Beschäftigte. Die optische Analytik hat eine lange Tradition in der Hauptstadtregion (vgl. Kapitel 3). Allerdings sind 10 der 55 Unternehmen in den letzten 10 Jahren gegründet worden, gelten also als Start-ups. Jüngstes Beispiel ist die 2014 gegründete PDW Analytics aus Potsdam. Diese Unternehmen konzentrieren sich meist auf dynamische Anwendungsbranchen wie die Bioanalytik oder die Prozessmesstechnik. Diese bilden zusammen mit der Umweltanalytik die am häufigsten adressierten Anwendungsgebiete (vgl. Abb. 1).

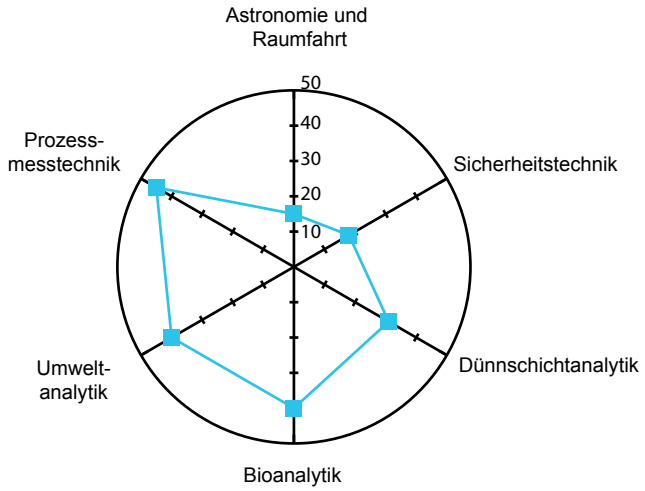


Abbildung 1: Prozentuale Verteilung der Anwendungsschwerpunkte von Unternehmen im Handlungsfeld Optische Analytik in Berlin und Brandenburg (enthählt Mehfachzuordnungen).
Quelle: Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie, eigene Erhebung

Entwicklung von Umsatz und Beschäftigung

Der Umsatz der Berlin-Brandenburger Unternehmen stieg zwischen 2004 und 2014 von ca. 266 auf ca. 608 Mio. Euro, was einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von über 12% entspricht (vgl. Abb. 2). Für das Jahr 2014 erwarteten die befragten Unternehmen ein moderates Umsatzwachstum von 5%. Die Anzahl der Beschäftigten in Berlin und Brandenburg stieg von 1.730 im Jahr 2004 auf 3.170 in 2014. Saldiert sind in den letzten 10 Jahren also 1.440 neue Arbeitsplätze in diesem Sektor entstanden. Das für 2014 erwartete Beschäftigungswachstum liegt bei knapp 4%. Der Umsatz pro Mitarbeiter stieg zwischen 2004 und 2014 von 153.800 auf 191.800 Euro. Trotz des hohen wachstumsbedingten Personalbedarfs ist ein Fachkräftemangel für die befragten Unternehmen kein drängendes Problem (vgl. Abb. 3). Die Unternehmen scheinen bei der Personalrekrutierung nicht zuletzt von der Fülle an Ausbildungsangeboten (vgl. Kapitel 6) sowie von den attraktiven Lebensbedingungen in der Hauptstadtregion zu profitieren. Forschungseinrichtungen bewerten die Fachkräftesituation etwas schlechter. Ein möglicher Grund könnte in den Vergütungsrestriktionen der öffentlich geförderten Einrichtungen liegen, die es den Hochschulen und Instituten schwer machen mit den in der

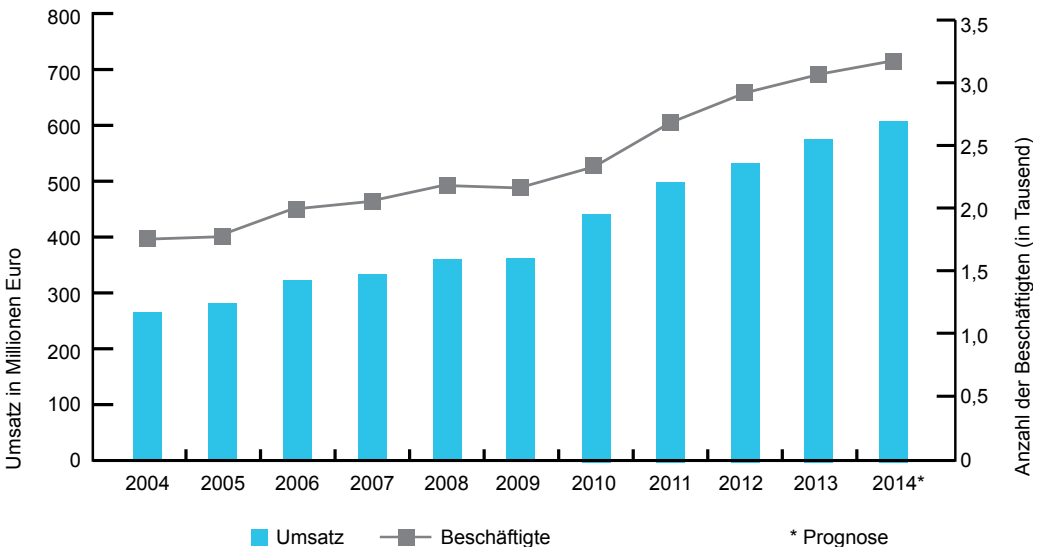


Abbildung 2: Umsatz- und Beschäftigungsentwicklung im Handlungsfeld Optische Analytik in Berlin und Brandenburg.
Quelle: MARKUS; Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie, eigene Erhebung

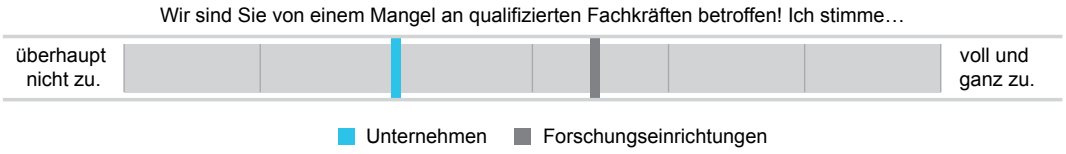


Abbildung 3: Bewertung des Fachkräftemangels
Quelle: Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie, eigene Erhebung

Wirtschaft oder zum Teil für Spitzenforscher im Ausland gezahlten Gehältern zu konkurrieren. Die Einschätzung der befragten Unternehmen und Forschungseinrichtungen zur aktuellen Geschäftssituation stützt das positive Fazit und fällt durchweg positiv aus (vgl. Abb. 4). 58,8% der Teilnehmer bewerten ihre Situation positiv, negative Bewertungen gab es nicht.

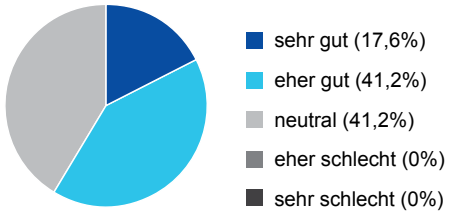


Abbildung 4: Einschätzung der aktuellen Geschäftssituation 2014
Quelle: Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie, eigene Erhebung

Industrielle Forschung und Entwicklung

Optische Technologien gehören zu den forschungs- und wissensintensivsten Wirtschaftszweigen. Deutschland nimmt hier eine führende Position im globalen Wettbewerb ein, welche sich besonders auf einen Wissens- und Technologievorsprung gegenüber anderen Volkwirtschaften gründet. Um diese Wettbewerbsposition erhalten zu können investieren die Unternehmen überdurchschnittlich viel in Forschung und Entwicklung. Knapp 17% ihres Umsatzes haben die Berlin-Brandenburger Unternehmen der optischen Analytik 2013 durchschnittlich in Aufwendungen und Personal im Bereich Forschung und Entwicklung investiert. Die Bereitschaft auch zukünftig in die Entwicklung neuer und die Verbesserung bestehender Produkte zu investieren ist ebenfalls gegeben. Knapp die Hälfte der befragten Unternehmen geht davon aus, dass ihre Investitionen in Forschung und Entwicklung in den nächsten Jahren zunehmen werden. Lediglich 5,9% gehen von einem leichten Rückgang aus (vgl. Abb. 5).

Außenwirtschaft

Ebenfalls ein Charakteristikum von Hightech-Industrien sind hohe Exportquoten. Auch wenn Deutschland meist den wichtigsten Absatzmarkt für die Produkte der Berlin-Brandenburger Unternehmen der optischen Analytik bildet, wurden 2013 56% der Umsätze im Ausland generiert. 41,7% der befragten Unternehmen gehen davon aus, dass sich der Exportanteil in Zukunft vergrößern wird. Dem gegenüber stehen 11,8%, die von einem Rückgang des Exportanteils ausgehen (vgl. Abb. 6). Abbildung 7 gibt einen Überblick zur Einschätzung der Relevanz geographischer Absatz- und Beschaffungsmärkte durch die Unternehmen. Die wichtigsten Absatzmärkte sind demnach das Bundesgebiet, Westeuropa und Nordamerika. Die bedeutendsten Beschaffungsmärkte sind im deutschsprachigen Raum zu finden. Starke Veränderungen dieser Strukturen werden in den nächsten Jahren nicht erwartet. Auffällig ist auch, dass sowohl bei Berlin-Brandenburg als auch beim gesamten Bundesgebiet die Bedeutung als Beschaffungsmarkt gegenüber der Bedeutung als Absatzmarkt überwiegt, also auch bei Regionen, die traditionell mit der Beschaffung billiger Komponenten assoziiert werden. Gründe dafür lassen sich u.a. darin vermuten, dass insbesondere Zulieferbeziehungen im Hochtechnologiesektor aufgrund ihrer Komplexität innerhalb eines rechtlich und kulturell einheitlichen Systems leichter zu managen und damit trotz höherer Kosten attraktiver sind. Unterstützt wird diese These auch von der Einschätzung der Forschungseinrichtungen, welche durch die grauen Balken dargestellt wird. Die Bedeutung

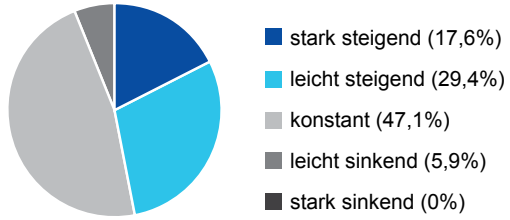


Abbildung 5: Einschätzung der Entwicklung von F&E-Investitionen in den nächsten Jahren (Stand 2014)
Quelle: Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie, eigene Erhebung

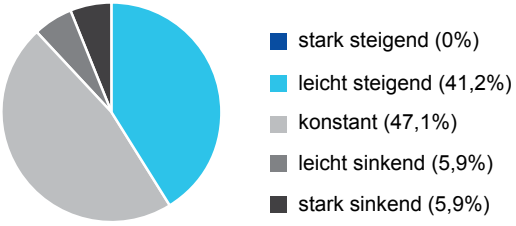


Abbildung 6: Einschätzung der Entwicklung des Exportanteils in den nächsten Jahren (Stand 2014)
Quelle: Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie, eigene Erhebung

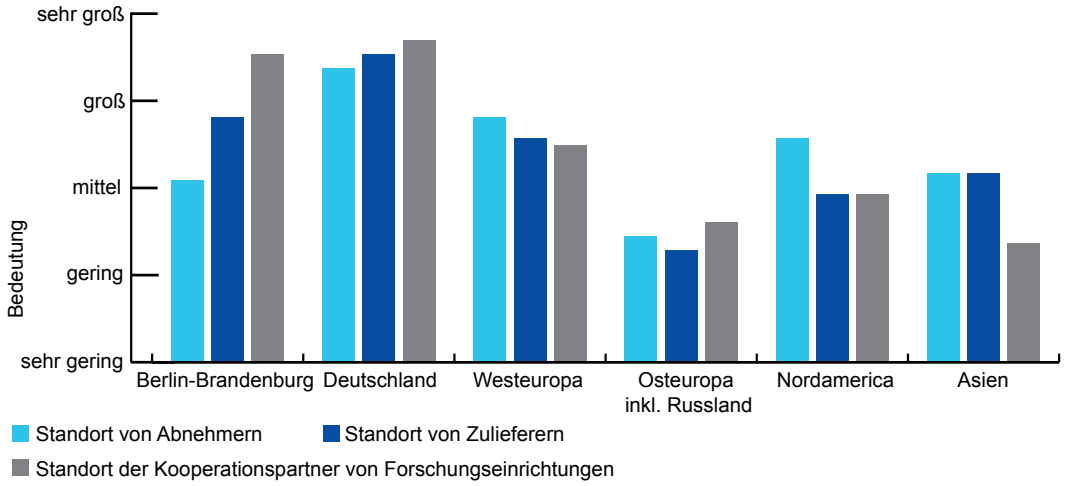


Abbildung 7: Bedeutung der Standorte von Abnehmern/Zulieferern von Berlin-Brandenburger Unternehmen sowie Kooperationspartnern von Berlin-Brandenburger Forschungseinrichtungen
Quelle: Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie, eigene Erhebung

Berlin-Brandenburgs als Standort von Kooperationspartnern für die Forschungseinrichtungen wird fast ebenso hoch eingeschätzt wie die Bedeutung des restlichen Bundesgebiets. Andere Regionen sind dagegen weit abgeschlagen.

Standortevaluation

Auch bei der allgemeinen Bewertung des Standorts Berlin-Brandenburg spielt die Verbindung von Forschung und Industrie eine wichtige Rolle (vgl. Abb. 8). Während es aus Sicht der Unternehmen hinsichtlich der Ansiedlung industrieller Anwender Nachholbedarf gibt, wird das Angebot an passenden Forschungseinrichtungen eindeutig positiv gewertet. Die Bewertung durch die Forschungseinrichtungen fällt in allen Bereich noch positiver aus, wenngleich man sich auch hier ein größeres Spektrum an Anwendern wünscht. Die ausgeprägte Forschungslandschaft ist einer der größten Standortvorteile der Hauptstadtregion. Dazu kommen die Ballung vieler Akteure auf engem Raum und deren Vernetzungsintensität.

Methodik der Datenerhebung

Grundlage der hier dargestellten Kennzahlen bildet eine inhaltlich abgegrenzte Gruppe von 55 regionalen Unternehmen und 22 Forschungseinrichtungen, die Komponenten, Systeme und Geräte entwickeln und produzieren, die dem Handlungsfeld Optische Analytik zuzuordnen sind.Die Berechnungen zur Entwicklung von Umsatz- und Beschäftigtenzahlen basieren im Wesentlichen auf Erhebungen aus kommerziellen Datenbanken, die Klassifizierung der Wirtschaftszweige der amtlichen Statistik für die hier untersuchte Branche keine scharfe inhaltliche Abgrenzung erlaubt. Die Primärquelle bildet die vom Bureau van Dijk Electronic Publishing mit dem Verband der Vereine der Creditreform geführte MARKUS-Datenbank, welche Struktur-, Finanz-, und Beteiligungsdaten zu 1.2 Mio. handelsregisterlich erfasster Unternehmen beinhaltet. Datenlücken wurden soweit wie möglich durch Primärdaten aus Einzelbefragungen und Recherchen ergänzt. Die Umsatz- und Beschäftigtenzahlen umfassen ausschließlich Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes. Dienstleistungs- und Handelsunternehmen sind nicht berücksichtigt. Bei überregional tätigen Unternehmen mit mehreren Standorten wurden nur die Beschäftigten in Berlin-Brandenburg und deren anteiliger Beitrag zum Gesamtumsatz des Unternehmens in die Berechnungen einbezogen. Zwischen August und Oktober 2014 hat Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie eine standardisierte Befragung unter 55 Unternehmen und 22 Hochschulen und Forschungseinrichtungen der optischen Analytik in Berlin-Brandenburg durchgeführt, an der sich insgesamt 26 Organisationen beteiligten. Die ausgewerteten Daten flossen insbesondere in die Analyse von technologiefeldspezifischen Trends und Bewertungen ein.

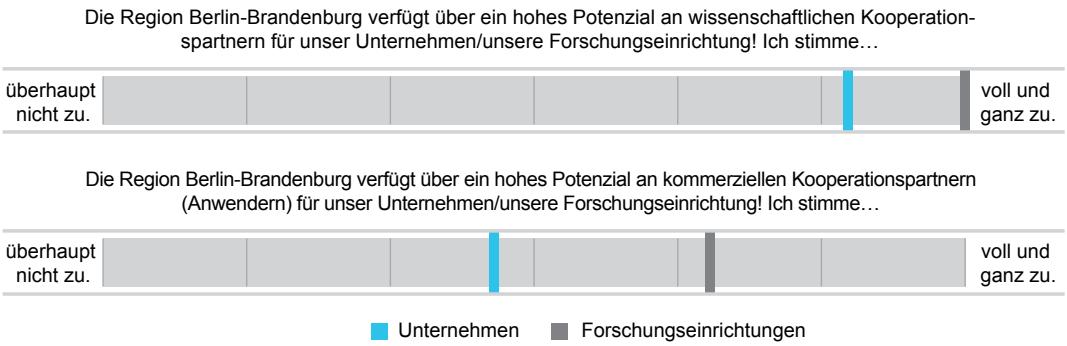
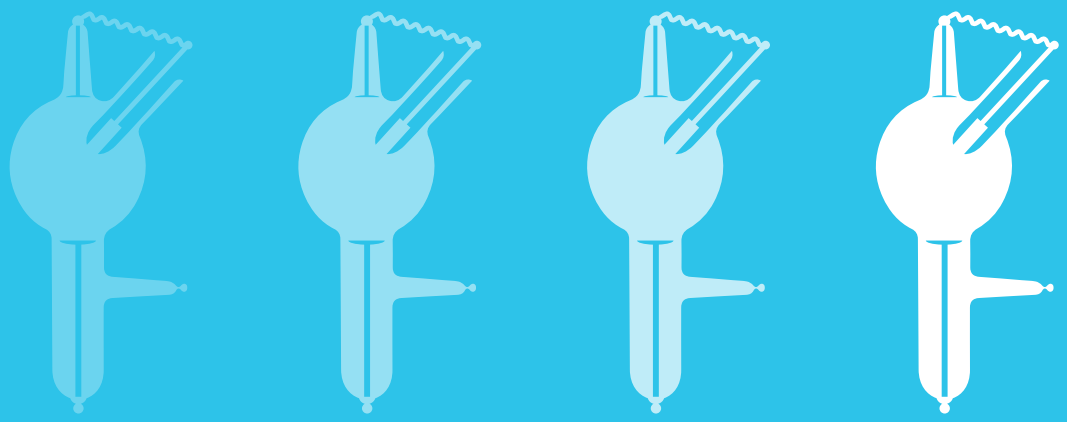


Abbildung 8: Bewertung des Standortes Berlin-Brandenburg
Quelle: Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie, eigene Erhebung



3 Geschichte der Optischen Analytik in Berlin-Brandenburg

3 Geschichte der Optischen Analytik in Berlin-Brandenburg

Optische Technologien haben in Berlin-Brandenburg eine Tradition von mehr als 200 Jahren. 1800 gründete der Pfarrer Johann Heinrich August von Duncker (1767-1843) im 80 km westlich von Berlin gelegenen Rathenow den ersten Optik-Betrieb der Region. Ein Jahr später ließ Duncker sich eine Schleifmaschine patentieren, mit der er Brillen- und Mikroskopgläser fabrizierte. Damit war der Grundstein der optischen Analytik, im Sinne einer Messtechnik mit optischen Methoden, im Großraum Berlin gelegt.

1845 gründete der Großneffe von Duncker, Emil Busch (1820-1888), die Emil Busch AG und führte die Produktion am Standort fort. Sie wurde zur zentralen Ausbildungsstätte und begründete Rathenows Handwerkstradition als „Stadt der Optik“.

Den großen theoretischen Schritt machten Gustav Robert Kirchhoff (1820-1887) und Robert Wilhelm Bunsen (1811-1899) mit ihrer Entdeckung der Spektralanalyse. Kirchhoff legte seine Ergebnisse in Berlin vor, die daraufhin im Oktober 1859 in den Berichten der Preußischen Akademie der Wissenschaften (gegründet 1700) erstmals gedruckt wurden.

1875 übernahm Kirchhoff die Professur für Theoretische Physik an der Universität zu Berlin (Gründung 1810), wo er sich auch zuvor habilitiert hatte. Einige Jahre später war das 1871 zur Reichshauptstadt aufgestiegene Berlin zum ökonomischen und wissenschaftlichen Zentrum Deutschlands geworden. Im Zuge dieser Verdichtung, zu der Unternehmer wie Werner von Siemens (1816-1892) und Forscher wie Hermann von Helmholtz (1821-1894) beitrugen, wurden die Technische Hochschule in Charlottenburg (TH, 1879), die Physikalisch-Technische Reichsanstalt (PTR, 1887) und die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft in Dahlem (KWG, 1911) gegründet. Während die KWG vor allem der Grundlagenforschung diente, sollte die PTR von Beginn an den Brückenschlag zur Technikanwendung übernehmen. Ihre Hauptaufgabe war die Metrologie - das wissenschaftliche Messen.

Carl Bamberg: Restored Theodolite (around 1900)
© Museum of the Astronomical Observatory of Capodimonte, Italy

Für die Entscheidung, ob die Berliner Straßenbeleuchtung mit Gas oder Elektrizität effizienter betrieben werden konnte, beschäftigte man sich im Optik-Labor der PTR mit der Messung der Strahlung eines Schwarzen Körpers (Objektes das Licht vollständig absorbiert). Gesucht wurden ein allgemein anerkanntes Lichtmaß und ein genau reproduzierbares Lichtnormal. Die PTR-Messungen führten zu einem spektakulären Erfolg: das Spektrum der Schwarzkörperstrahlung konnte exakt bestimmt werden.

Um die Messergebnisse theoretisch erklären zu können, zerlegte bzw. „quantisierte“ Max Planck (1858-1947) kurzerhand die Wärmestrahlung in Päckchen bestimmter Größe und stellte sein Strahlungsgesetz am 14. Dezember 1900 in Berlin vor. Damit war die revolutionäre Quantentheorie geboren.

Das Wachstum von Wissenschaft, Bevölkerung und Wirtschaft beflügelte die optische Industrie, die sich um 1900 in Berlin zu einem Cluster geformt hatte. Diese Kompetenz-Ballung bestand aus kreativ-schöpferischer Forschung, spezialisierten Zulieferern, leistungsfähigen Produzenten und Händlern sowie nachfragenden Konsumenten.

Spezialbetriebe wie Carl Bamberg (seit 1871) oder Rudolf Fuess (seit 1865) bauten optische Messgeräte für Anwendungen der Scientific Community, z.B. Mikroskope, Goniometer zur Winkelmessung oder kristalloptische Apparate zur Dünnschliffuntersuchung. Carl Bamberg (1847-1892) fertigte vor allem Fernrohre (Äquatoriale, Refraktoren) für Sternwarten, beispielsweise für die Berliner Urania. Rudolf Fuess (1838-1917) wurde führender Hersteller meteorologischer Instrumente. Diese waren so präzise, dass sie zur Eichung verwendet wurden. Beide Unternehmer gehörten zusammen

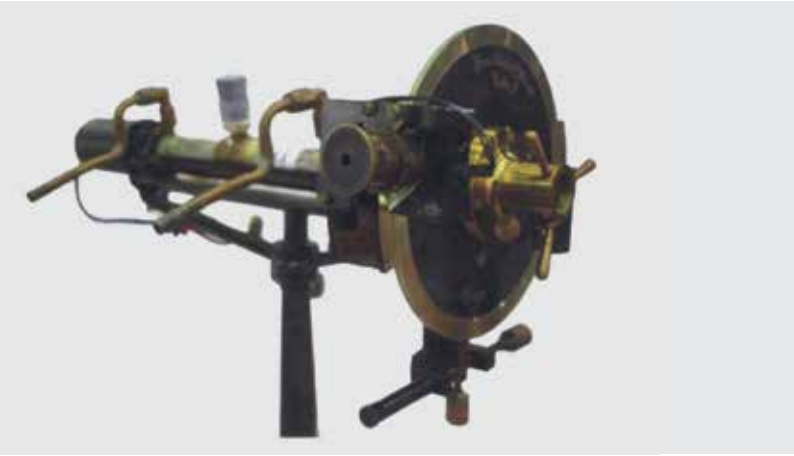
mit Siemens, Helmholtz und anderen zu den Initiatoren der PTR-Gründung.

Die Firma Schmidt+Haensch (seit 1864) konzentrierte sich insbesondere auf Labormessgeräte (Spekro-, Photo-, Sacchari- und Tyndallmeter) und eroberte Nischenmärkte. Berühmtheit erlangten das 1864 nach Vorgaben des Pathologen Rudolf Virchow (1821-1902) konstruierte Trichinenmikroskop und das Kreispolarimeter von 1905, welches der spätere Chemie-Nobelpreisträger (1913) Alfred Werner (1866-1919) für seine Arbeit verwendete.

Schmidt+Haensch: Trichinella microscope by Rudolf Virchow (1864)
© Schmidt+Haensch

Von herausragender Bedeutung für den Cluster-Standort im Berliner Südwesten war die Optische Anstalt C. P. Goerz (tätig 1886-1926), die als Global Player mit mehreren tausend Mitarbeitern an mehr als 25 Staaten Militäroptik (u.a. Feldstecher, Entfernungsmesser, Periskope, Zielvisiere) lieferte. Carl P. Goerz (1854-1923) produzierte auch Spezialkameras, Projektoren und Teleskope für naturkundliche, geodätische und astronomische Zwecke. Während und nach dem Ersten Weltkrieg (1914-18) wurde dieses Produktportfolio noch um andere Messoptik-Instrumente (Luftbildkamera, Bombenzielgerät, Heliograf, Sonnenkompass) erweitert. Infolge der Rüstungskonversion nach 1918 intensivierte Goerz die Zusammenarbeit mit dem nahe gelegenen preußischen Materialprüfungsamt (Gründung 1871, seit 1956 Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung - BAM) und der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt (seit 1912 in Adlershof, heute Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt - DLR). Gebaut wurden z. B. Skleroskope (Härteprüfgeräte), optische Pyrometer (Strahlungsthermometer zur berührungslosen Temperaturmessung) oder Photogrammetrie-Kameras (Luftbild-Vermessung).

Dank der unternehmerisch-praktischen und wissenschaftlich-theoretischen Optik-Wurzeln behielt die Region Berlin-Brandenburg bis zum Beginn der 1900er Jahre eine Führungsrolle in den Naturwissenschaften. Zwischen 1907 und 1933 gingen allein 12 Physik- bzw. Chemie-Nobelpreise an



Schmidt+Haensch: Circular polarimeter by Alfred Werner (1905)
© Schmidt+Haensch

Personen, die in Berlin gewirkt haben, so z. B. an Ferdinand Braun (1850-1918) für seinen Beitrag zur Entwicklung der drahtlosen Telegrafie im Jahr 1909, Max von Laue (1879-1960) für die Entdeckung der Beugung von Röntgenstrahlen an Kristallen im Jahr 1914 oder auch Albert Einstein (1879-1955) für seine Entdeckung des photoelektrischen Effekts im Jahr 1921. Eine Grundlage dafür waren die genannten optischen Messgeräte der Unternehmen oder der von Einzelpersonen - z. B. der 1902 patentierten Röntgenröhre des aus Glashütte (Baruth/Mark) stammenden Erfinders Reinhold Burger (1866-1954).

Reinhold Burger and his nephew in front of one of his X-Ray tubes in the museum Glashütte/Baruth (1951)
© Axel Burger

Im Verlauf der zwanziger und dreißiger Jahre wurden kontinuierlich optische Messinstrumente entwickelt, z.B. 1928 die Normallampe für Längenmessungen von Wilhelm Kösters (1876-1950) oder 1931 das Pyrheliometer der PTR zur Solarkonstantenbestimmung. Von herausragender Bedeutung war auch der Beginn der Elektronenoptik in dieser Zeit. Ernst Ruska (1906-1988) und Max Knoll (1897-1969) bauten das erste Elektronenmikroskop an der Technischen Hochschule im Jahr 1933, welches eine weitaus größere Auflösung erlaubte als herkömmliche Lichtmikroskope und verhalfen damit der Firma Siemens 1939 zur Markteinführung des weltweit ersten kommerziellen Elektronenmikroskops.

Mehr als 50 Jahre später, 1986, wurde Ruska für seine Erfindung schließlich mit dem Nobelpreis ausgezeichnet. Diesen teilte er sich mit Binnig und Rohrer von den IBM Labs in der Schweiz für deren spätere Erfindung des Rastertunnelmikroskops (1981).

Ernst Ruska: Electron Microscope (1933)
© Deutsches Museum, München, Archiv, BN53194 (Archive of the German Museum in Munich)

In der Zeit des Nationalsozialismus (1933-45) ging die wissenschaftliche Vorreiterposition Berlins durch politisch bedingten Humankapitalverlust und einseitige Rüstungsforcierung verloren. Die Verwerfungen des Zweiten Weltkriegs (1939-45) führten schließlich zur Teilung Deutschlands und Berlins (1945/49), was sich auch auf das Optik-Cluster auswirkte. In Westberlin lebten einige traditionelle Institutionen weiter, z.B. die Technische Universität (ab 1946) als Nachfolger der Technischen Hochschule, die BAM in Lichterfelde, Schmidt+Haensch oder R. Burger & Co. (bis 1982). Andere entwickelten Kompetenzen außerhalb der Optik, z.B. die 1926 in Zeiss Ikon aufgegangene Goerz AG mit dem Schließzylinderbau und einige verließen die Enklave. So wurde das Erbe der PTR in die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) eingebracht, die 1950 ihren Sitz inklusive der Abteilung „Optik“ in Braunschweig erhielt. Die in Berlin verbliebenen Reste wurden eine Außenstelle der neuen PTB. Ähnlich erging es den KWG-Instituten in Dahlem, die der 1948 in Göttingen gegründeten Max-Planck-Gesellschaft beitraten.

Im Zuge des Systemwettbewerbs im Kalten Krieg und der Berliner Schaufensterfunktion kam es zu großen Neugründungen, z. B. der Freien Universität (1948) oder des Hahn-Meitner-Instituts (1959). Teilweise gab es auch Unternehmensansiedlungen, wie die Beispiele der Berliner Glas (1952) und der Semperlux (1948, heute Selux) zeigen.

In der DDR bzw. Ostberlin wurde das humboldtsche Ideal der Einheit von Forschung und Lehre verlassen. Während die Humboldt-Universität (Name der Berliner Universität ab 1949) für die Vermittlung zuständig war, wurden Grundlagenforschung und Apparatebau im Bereich der optischen Analytik v.a. von Carl Zeiss in Jena und Teilen der Akademie der Wissenschaften der DDR (AdW, Wiedereröffnung 1946) betrieben, namentlich vom Zentralinstitut für Optik und Spektroskopie (ZOS, 1948/57), vom Zentralinstitut für Elektronenphysik (ZIE, 1950/58) und dem Zentrum für Wissenschaftlichen Gerätebau (ZWG, 1956/73).

German Academy of Sciences of the GDR (1950)
© Bundesarchiv, Bild 183-S97609, Gustav Köhler (German Ferderal Archive), CC-BY-SA-3.0

Eine Gemeinsamkeit der Ost- und Westberliner Optik-Forschung findet sich in der schnellen Aufnahme der Laser-Technologie, die heute eine Grundlage der optischen Analytik und Messtechnik bildet.

Nach theoretischen Vorarbeiten von Arthur L. Schawlow (1921-1999) und Charles H. Townes (1915-2015) baute der Physiker Theodore Maiman (1927-2007) im Mai 1960 in den USA den ersten funktionstüchtigen Laser der Welt. Der Rubinlaser von Maiman und seine Weiterentwicklun-

gen entfachten in den 1960ern eine regelrechte „Laser-Euphorie“. An der TU Berlin wurden bereits 1961/62 von Horst Weber und Gerd Herziger, beide Doktoranden der Laserforschungsgruppe von Prof. Hans Boersch, die ersten eigenen Festkörper- und Gaslaser konstruiert. Das I. Physikalische Institut der TU entwickelte sich daraufhin zum Zentrum der bundesrepublikanischen Laserforschung, die im Bereich der Farbstoff-Laser und der Lasertheorie eine internationale Führungsposition erlangte. Basierend auf den neuen Laserentwicklungen, initiierte Prof. Hans J. Eichler die Optische Analytik an Flüssigkristallen und der Photosynthese an Bakterien und Pflanzen.
In der DDR initiierte Prof. Paul Görlich (1905-1986), Forschungsdirektor bei Carl Zeiss und Mitdirektor des ZOS, ab 1960 einen Wettlauf der Laserentwicklung zwischen Jena und Ost-Berlin. Mit knappem Vorsprung gewannen die Berliner: Im August 1962 konstruierte Kurt Lenz den ersten Laser der DDR.

In der Folgezeit wurden in beiden Teilen Deutschlands beachtliche Erfolge mit Lasern erzielt, die als Grundlage für heutige Alltagsanwendungen oder Messverfahren dienen.

Das ZOS entwickelte Laser zur Polarisationsspektroskopie in Kohlenstoffoxiden und Hydrogencarbonaten durch laserinduzierte Fluoreszenz mit fs-Pulsen (1990). Im ZWG, seit 1970 unter Leitung von Norbert Langhoff, wurden u.a. erstklassige Spektrometer gebaut, welche man z. B. zur Röntgenfluoreszenzanalyse verwendete. Das Adlershofer Institut lieferte Präzisionsinstrumente in alle Teile des Ostblocks und erzielte dabei trotz begrenzter Mittel ein hohes Leistungsniveau. 1991 verfügte das ZWG über 12 Gerätebaulinien und mehr als 1.700 Mitarbeiter.

Auch die Westberliner Optik-Forschung entwickelte sich positiv, z.B. durch Forschungsarbeiten des HMI. Eine wichtige Voraussetzung dafür war die Errichtung von Großanlagen wie den beiden Berliner Experimentier-Reaktoren BER (1958) und BER II (1973) in Wannsee, genutzt für Kernchemie und Strahlungseffekte als auch der Berliner Elektronenspeicherring-Gesellschaft für Synchrotronstrahlung – BESSY (1979). Die Bereitstellung von Synchrotronstrahlung durch BESSY I diente u.a. der Forschung mit UV- und Röntgenstrahlung sowie der Vermessung von Spektrometern.

Mit der Deutschen Einheit 1990 stand die Optische Analytik in Berlin-Brandenburg abermals vor einem Umbruch, der durch das erfolgreiche Zueinanderfinden der beiden Landesteile gemeistert wurde. Die ehemaligen Institute der AdW wurden zwar abgewickelt, wichtige Arbeitsgruppen blieben aber in Neugründungen erhalten. Zu nennen sind hierbei das Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik (FBH), das 1992 aus ZOS und ZIE hervorging sowie das 1991-93 gegründete Max-Born-Institut für Nichtlineare Optik und Kurzzeitspektroskopie (MBI) als weitere Nachfolgeeinrichtung des ZOS.

In Berlin-Adlershof gründeten ehemalige Akademie-Mitglieder ca. 100 Firmen. Unter ihnen befand sich auch Prof. Langhoff vom ZWG, der 1993 das Institut für Gerätebau (IfG, heute Institute for Scientific Instrument) gründete. Das IfG forscht insbesondere an Röntgenoptiken und baut u.a. patentierte Röntgenfarbkameras.

Zusammen mit dem westdeutschen Physiker Dr. Helmut Wittek gründete der ehemalige ZWGler Dr. Albrecht Krüger im September 1990 das Unternehmen SENTECH Instruments. Der Betrieb, der mit vier Mann startete, gehört zu den führenden Herstellern von Dünnschichtmesstechnik und stellt u.a. spektroskopische Ellipsometer her. 2014 beschäftigte die international operierende Firma bereits mehr als 50 Mitarbeiter.

Zu den AdW-Ausgründungen der Nachwendezeit gehören auch die Lasertechnik Berlin (LTB, 1990) und die LLA Instruments GmbH (LLA, 1993). Die LTB ist seit 2008 ein reines Familienunternehmen und beschäftigte 2014 mehr als 30 Mitarbeiter. Spezialisiert ist das Unternehmen auf die Entwicklung von Kurzpuls-Lasern im gesamten optischen Spektralbereich, von hochauflösenden Spektrometern und lasergestützter Messtechnik mit heute weltweitem Absatzmarkt. Die von den promovierten Physikern Lucht und Löhr

The Berlin Electron Storage Ring for Synchrotron Radiation – BESSY I (1982)
© Archiv der Max-Planck-Gesellschaft (Archive of the Max-Planck-Society)

Center for Photonics and Optical Technologies (2015)
© WISTA-MANAGEMENT GMBH

gegründete LLA ist auf bildgebende spektralanalytische Messtechnik spezialisiert und wurde v.a. mit Nahinfrarotspektroskopie bekannt, die in Müllsortieranlagen oder der Lebensmittelqualitätskontrolle zum Einsatz kommt. Der Betrieb beschäftigte 2014 mehr als 20 Mitarbeiter und konnte mit der Kunststofferkennung einen weltweiten Nischenmarkt erobern.

Das innovationsfreundliche Klima in Adlershof brachte (und bringt) kontinuierlich Neu- und Ausgründungen hervor. Dazu zählen beispielsweise die LayTec AG (Spin-Off der TU Berlin im Oktober 1999), die führender Hersteller von integrierbarer Messtechnik für Dünnschichtprozesse wurde oder die zahlreichen Ausgründungen des FBH, z.B. TESAG AG (1999), heute Teil der Jenoptic Diode Lab GmbH, eagleyard Photonics GmbH (2002) sowie Brilliance Fab und Beaplas GmbH (2013).

Die breite Forschungs- und Unternehmenslandschaft der optischen Messtechnik in Berlin-Adlershof hat eine Magnetwirkung auf Großkonzerne und renommierte Wissenschaftler. Motor für die Internationalität des Standorts ist insbesondere BESSY II, die 1998 eingeweiht wurde. Dieser neue Elektronenspeicherring bietet einzigartige Forschungsbedingungen und wird vom Helmholtz-Zentrum Berlin (HZB, entstanden im Januar 2009 aus BESSY I und HMI) betrieben.

Aber auch außerhalb von Berlin-Adlershof wird an der Entwicklung von Lasern und optischer Messtechnik gearbeitet. Ein Beispiel dafür ist die Laser- und Medizin-Technologie GmbH Berlin (LMTB), welche 1995 als An-Institut der TU Berlin aus dem Laser-Medizin-Zentrum (LMZ, gegründet 1985) und dem Festkörper-Laser-Institut (FLI, gegründet 1986) hervorgegangen ist. Mit der Unterstützung von Medizin- und Optik-Unternehmen arbeitet die LMTB seither als Schnittstelleninstitut an der Entwicklung von Lasertherapien und Diagnostik im Bereich der Biomedizinischen Optik, Medizintechnik und der angewandten Lasertechnik.

Aufgrund dieser guten Bedingungen konnten immer wieder Forschungsinstitute und Unternehmen in Berlin-Brandenburg begrüßt werden, so z.B. das Leibniz-Institut für Analytische Wissenschaften – ISAS – e.V., das 1952 in Dortmund gegründet wurde und seit 1992 eine Außenstelle in Adlershof betreibt oder das auf optische Temperaturmessung spezialisierte Unternehmen Raytek, das seine Europazentrale hier aufbaute.

Auch Groß-Konzerne beobachten die Entwicklung aufmerksam und sicherten sich mit Übernahmen, z.B. Röntec AG durch Bruker in 2005 oder u2t AG durch Finisar in 2014, die Teilhabe am Potenzial der Region.

Abschließend bleibt festzuhalten, dass Berlin-Brandenburg auf eine reiche Tradition der optischen Analytik zurückblicken kann, die in leistungsfähigen Technologien, Forschungsinstituten, Universitäten und Unternehmen ihren Ausdruck fand und findet.

Einige Technologiepfade, beispielsweise Röntgenanalytik und Laseroptik, laufen seit Jahrzehnten erfolgreich und sicherten damit das Überleben von Generationen - z.B. des Familienbetriebs Schmidt+Haensch, der im Jahr 2014 sein 150jähriges Bestehen feiern konnte.

Dieses auf Erfahrung gegründete Potential wird zudem bestätigt durch die gelungene Transformation zahlreicher DDR-Institutionen. Die Optische Analytik in Berlin-Brandenburg ist damit auch eine deutsch-deutsche Erfolgsgeschichte.

4 Standorte

4.1 Technologiepark Adlershof

Analytic City Adlershof

Analytic City Adlershof steht für das Bestreben der Standortpartner, Wissenschaft und Wirtschaft im Bereich Analytik intensiv zu vernetzen und ein international sichtbares Kompetenz-Cluster „Analytik“ aufzubauen. Dabei kommen im Wesentlichen drei Strukturen zusammen: Universitäre Forschungseinrichtungen der Humboldt-Universität zu Berlin, außeruniversitäre Forschungsinstitutionen sowie kleine und mittelständische HighTech-Unternehmen, die schon jetzt die lokalen Potentiale intensiv nutzen.

Berlin Adlershof bietet für ein international sichtbares Kompetenz-Cluster „Analytik“ beste Voraussetzungen: Hier gibt es eine lange und erfolgreiche Tradition in nahezu allen Teilgebieten. Von der Grundlagenforschung und Lehre über Methodenentwicklung, wissenschaftlichen Gerätebau bis hin zu Dienstleistungen und Vertrieb ist die komplette Wertschöpfungskette vertreten.

Am Standort sind Anwendungen von der Material- und Umwelt- über die Prozessanalytik bis hin zur Biologie, Medizin und Lebensmittelchemie etabliert.

Nahezu alle gängigen Analyseverfahren und Technologien, wie die Chromatographie, die Spektroskopie, die Oberflächen- und Strukturanalytik, die Mikroskopie sowie Sonderverfahren sind hier in mehr als 80 Einrichtungen vertreten. Alle Details, wie zum Beispiel Analyseverfahren und die damit arbeitenden Forschungsgruppen, sind in einem separaten Report „Analytic City Adlershof“ der WISTA Management GmbH erfasst.

Institut für Chemie der Humboldt Universität Berlin
© WISTA Management GmbH

Im Rahmen von „Analytic City Adlershof“ hat die WISTA Management GmbH folgende Ziele formuliert:

- Schaffung einer Struktur für die disziplinübergreifende Zusammenarbeit entlang der gesamten Wertschöpfungskette
- Erfassung und Darstellung der analytischen Potenziale von Adlershof
- Überregionale und internationale Öffentlichkeitsarbeit und Vermarktung der Analytikpotenziale
- Akquisition international führender Analytik-Unternehmen und -Einrichtungen zur Bereicherung des Standortportfolios.

www.adlershof.de[1]

Universitäre Forschung

Ein entscheidendes Ereignis in der Geschichte des Forschungsstandorts Adlershof war der Aufbau des Campus Adlershof der **Humboldt-Universität zu Berlin (HUB)**. Mit über 8.000 Studierenden ist der Campus heute das pulsierende Zentrum von „Berlin Adlershof - Stadt für Wissenschaft, Wirtschaft und Medien“. Die in den Jahren 1998 bis 2003 errichteten oder sanierten Gebäude bieten den Instituten für Chemie, Geographie, Informatik, Mathematik, Physik und Psychologie erstklassige Bedingungen in Lehre und Forschung.

www.hu-berlin.de

Mit dem **Institut für Chemie (IfC)** der Humboldt-Universität zu Berlin ist eine der international führenden Forschungs- und Lehreinrichtungen auf dem Gebiet der Analytischen Chemie in Adlershof angesiedelt. Das IfC hat seine Sachkompetenzen auf zwei zukunftsträchtige Forschungsfelder fokussiert:

- Synthese funktionaler Materialien für Katalyse und Optik, sowie
- Chemische Biologie (Konformation-Dynamik-Funktion unter besonderer Berücksichtigung von DNA/DNA-, DNA/Protein- und Protein/Protein-Interaktionen)

Enge außeruniversitäre Kontakte zum Institut für Angewandte Chemie in Adlershof (ACA), zur Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), zum Max-Born-Institut (MBI) oder dem Institut für Kristallzüchtung (IKZ) zeigen den hohen Stand der Forschungsvernetzung in Adlershof an.

1 www.adlershof.de/technologie-felder/analytic-city/info

1 3B Pharmaceuticals GmbH
2 Accelero Bioanalytics GmbH
3 ANAU Berlin-lab GmbH
4 ANiMOX GmbH
5 art photonics GmbH
6 ASCA GmbH Angewandte Synthesechemie Adlershof
7 Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH
8 AZBA Analytisches Zentrum Berlin-Adlershof GmbH
9 BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung
10 Berliner Nanotest und Design GmbH
11 BESTEC GmbH
12 Biopract GmbH
13 biotechrabbit GmbH
14 BIOWORX Biotechnologielabor - Thomas Grimm
15 Bruker Nano GmbH
16 Chromicent GmbH
17 ColVisTec AG
18 Crystal Photonics GmbH
19 Dr. Lerche KG
20 Dr. Michael Himmelhaus - nanoBioAnalytics
21 EHA Institut
22 Eurofins Sofia GmbH Chemisches Labor für Soft-wareentwicklung und Intelligente Analytik
23 Eurofins Umwelt Ost GmbH
24 FOC Fibre Optical Components GmbH
25 GNF Gesellschaft zur Förderung der naturwissenschaft-lich-technischen Forschung e. V.
26 Greateyes GmbH
27 GxP brain GmbH
28 HF Biotec Berlin GmbH
29 Histalim
30 Humboldt-Universität zu Berlin - Geographisches Institut
31 Humboldt-Universität zu Berlin - Institut für Chemie
32 HZB - Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH, Elektronenspeicherring BESSY II
33 I.U.T. Institut für Umwelttechnologien GmbH
34 iFG - Institut für Scientific Instruments GmbH
35 Institut für angewandte Photonik e.V.
36 IsoAnalysis UG
37 IUT Medical GmbH
38 JP-ProteQ
39 JPT Peptide Technologies GmbH
40 JTL-BioTec.Analytics
41 Karlheinz Gutsche GmbH
42 Leibniz-Institut für Analytische Wissenschaften - ISAS e. V.
43 Leibniz-Institut für Katalyse e.V. an der Universität Rostock, Berliner Büro
44 Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ)
45 LLA Instruments GmbH
46 LTB Lasertechnik Berlin GmbH
47 microParticles GmbH
48 Pensatech Pharma GmbH
49 Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)
50 PiCA Prüfinstitut Chemische Analytik GmbH
51 PicoQuant GmbH
52 PlasmaChem GmbH
53 Privatinstitut Galenus GmbH
54 Proteome Factory AG
55 RTG Mikroanalyse GmbH Berlin
56 Scienion AG
57 SCW Process Technology Development GmbH
58 Sentech Instruments GmbH
59 SI US INSTRUMENTS GMBH
60 skytron energy GmbH
61 SLM - Speziallabor für angewandte Mikrobiologie GmbH
62 Solardynamik GmbH
63 Surflay Nanotec GmbH
64 TRIOPTICS Berlin GmbH
65 W&P GEAT GmbH Gerätebau und Automatisierungs-technik
66 WITEGA Laboratorien Berlin-Adlershof GmbH

Vom IfC wurde die Graduiertenschule **„School of Analytical Sciences Adlershof“ (SALSA)** im Rahmen der Exzellenzinitiative 2012 initiiert. Das beinhaltet den Aufbau von Application-Labs für die themenübergreifende Entwicklung neuer Werkstoffe und analytischer Methoden, auch in enger Kooperation mit Wirtschaftsunternehmen am Standort. Anfang 2016 wird SALSA neue Gebäude beziehen. Auf dem alten ISAS Gelände in der Albert-Einstein-Straße wurde dafür bereits 2014 ein Laborgebäude errichtet. Anfang des neuen Jahres wird dort zunächst das Photonics Application Lab einziehen. Später findet dort dann auch eine neue Professur für Nanoanalytik ihren Platz.

www.chemie.hu-berlin.de | fakultaeten.hu-berlin.de[2]

Die Humboldt-Universität zu Berlin (HUB) gehört zu den elf Exzellenzuniversitäten Deutschlands. Im Zentrum des Zukunftskonzepts der Humboldt-Universität zur Schaffung exzellenter Rahmenbedingungen für die Spitzenforschung steht das HU-eigene Forschungsformat der Integrativen Forschungsinstitute (Integrative Research Institute, IRI). Als fakultätsübergreifende Institute fördern IRI forschungsstarke Kooperationen. Das geschieht beispielsweise durch Brückenprofessuren, mit denen Wissenschaftler an mehreren Instituten innerhalb oder auch außerhalb der Universität forschen und lehren können. Eines dieser Institute, das **Integrative Research Institute for the Sciences (IRIS)**,

Integrative Research Institute for the Sciences IRIS
©IRIS Adlershof

2 fakultaeten.hu-berlin.de/mnf/forschung_internationales/grs/salsa

Leibniz-Institut für Analytische Wissenschaften - ISAS - e.V. Standort Berlin-Adlershof
© WISTA Management GmbH

hat sich seit 2009 in Adlershof etabliert. Durch Brückenprofessuren, den Aufbau einer kooperativen Infrastruktur und die verstärkte Zusammenarbeit mit der Wirtschaft gibt das IRIS wichtige Impulse in Adlershof. Konkret werden am IRIS Adlershof fächerübergreifend neuartige hybride Materialien und Funktionssysteme mit bisher unzugänglichen optischen, elektronischen, mechanischen und chemischen Eigenschaften erforscht. Damit verbunden sind grundlegende Untersuchungen zur Struktur und Dynamik von Materie auf extremen Längen- und Zeitskalen sowie in komplexen Systemen.

www.iris-adlershof.de

Gründergeist und junge Unternehmen

Neben Lehre und fächerübergreifender Forschung hat die HUB in Adlershof auch Voraussetzungen geschaffen, um die Forschungsergebnisse effizient in wirtschaftliches Wachstum zu überführen. Im Rahmen ihres Technologietransferprogramms wurde die **Spin-Off ZONE Campus Adlershof** gegründet. Sie bietet potentiellen Gründern eine effiziente Infrastruktur:

- 52 Arbeitsplätze mit Telefon, Internet und Drucker
- Großer Konferenz- und Seminarraum für Termine mit Investoren oder Kunden
- Hands-On Weiterbildungsangebote mit Experten
- Gründungslounge für einen ungestörten Austausch in kreativem Ambiente

In der weiteren Wachstumsphase der Ausgründungen wird in Zusammenarbeit mit der WISTA und dem Innovations-Zentrum Berlin Management GmbH (IZBM) geprüft, ob eine Umsiedlung in den Wissenschafts- und Technologiepark Adlershof möglich ist.

www.humboldt-innovation.de | www.adlershof.de[3]

Außeruniversitäre Forschung

Neben der HUB gibt es in Adlershof eine dynamische außeruniversitäre Forschungslandschaft. In zehn Instituten arbeiten insgesamt über 1.800 Menschen, davon sind 1000 aktiv in der Wissenschaft tätig, weitere 180 arbeiten an ihrer Dissertation. Diese Einrichtungen haben sich vor Ort zur **IGAFA – der Initiativgemeinschaft Außeruniversitärer Forschungseinrichtungen in Adlershof e.V.** zusammengeschlossen. Ziel der IGAFA ist die Förderung der interdisziplinären Zusammenarbeit, die Verbreitung von wissensc haftlichen Inhalten sowie die Bereitstellung wissenschaftlicher Infrastruktur, zum Beispiel: Betreuung internationaler Gäste, Veranstaltungsorganisation, Betrieb von Begegnungszentren und Literaturversorgung.

www.igafa.de

Im Mittelpunkt der Arbeiten am **Leibniz-Institut für Analytische Wissenschaften - ISAS - e.V.** stehen die beiden Schwerpunktthemen „Neue Materialien“ und „Biomoleküle“. Sie werden an den Standorten Berlin-Adlershof und Dortmund bearbeitet. Das Spektrum des ISAS reicht von der Grundlagenforschung über die Entwicklung neuer oder verbesserter analytischer Verfahren, Techniken und Geräte bis hin zur Prototyp-Fertigung und zur Validierung und Erprobung der erzielten Ergebnisse für Anwendungen in anderen Wissenschaftsbereichen. Grundlegendes Ziel ist dabei, möglichst viele der Parameter Molekülart und -struktur, Molekülanzahl, Ort und Zeit zu erfassen, um die wichtige Frage zu beantworten: Welche Menge welcher Substanz ist wann an welchem Ort? Zur weiteren Profilschärfung des ISAS wurden 2009 inhaltlich verwandte Projektbereiche in langfristig angelegten Forschungsbereichen thematisch gebündelt. Die Projektbereiche Materialanalytik und Grenzflächenspektroskopie wurden im Forschungsbereich I (Material- und

3 www.adlershof.de/immobilien-gruender/gruenderservices/spin-off-zone-adlershof

Grenzflächenanalytik) zusammengefasst. Die Projektbereiche Proteomics, Metabolomics und Miniaturisierung wurden in den Forschungsbereich II (Bioanalytik) integriert.

www.isas.de

Zu den größten Forschungseinrichtungen in Berlin gehört die Synchrotronstrahlungsquelle **BESSY II** in Adlershof. Sie ist heute Teil des **Helmholtz-Zentrums Berlin für Materialien und Energie (HZB)**. Am HZB werden komplexe Materialsysteme erforscht, die dazu beitragen, Herausforderungen wie die Energiewende zu bewältigen. Ein Schwerpunkt am HZB sind Materialien für die Dünnschicht-Photovoltaik und die Umwandlung von solarer Energie in chemische Energieträger (z.B. Wasserstoff).

BESSY II liefert extrem brillante Photonenpulse von der langwelligen Terahertz-Region bis hin zur harten Röntgenstrahlung, wobei die Nutzer den Energiebereich und die Polarisation der Strahlung wählen können. Rund 50 Strahlrohre an Undulator-, Wiggler- und Dipolquellen bieten den etwa 2.500 Nutzern eine Kombination von Brillanz und Photonenpulsen, die BESSY II zu einem idealen Mikroskop für Raum und Zeit macht. Die Skalen gehen dabei hinunter bis zu Femtosekunden und Pikometern.

Mit dem Projekt BERLinPro verfolgt das HZB das Ziel, eine neuartige Beschleunigertechnologie weiterzuentwickeln und das Prinzip des „Energy Recovery Linac“ (ERL, deutsch: Linearbeschleuniger mit Energierückgewinnung) auf eine neue technologische Basis zu stellen. Die Bauarbeiten für den Linearbeschleuniger sollen 2016 abgeschlossen sein.
Das HZB baut gemeinsam mit der Max-Planck-Gesellschaft ein Röntgen-Strahlrohr an der Synchrotronquelle BESSY II, das für die Analyse von Materialien für die regenerative Energiegewinnung gedacht ist. Das Großprojekt EMIL (Energy Materials In-situ Laboratory Berlin) beinhaltet zwei Laborkomplexe: SISSY (Solar Energy Material In-situ Spectroscopy at the Synchrotron) richtet das HZB für photovoltaische Materialforschung ein. Beim Aufbau des CAT-Labors (Catalysis Research for Sustainable Energy Supply) ist das Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft federführend um (photo-)katalytische Prozesse zu erforschen.

www.helmholtz-berlin.de[4]

Elektronenspeicherring BESSY II
©HZB

Die Untersuchung von Prozessen im Femtosekundenbereich ist auch eine Domäne des **Max-Born-Instituts für Nichtlineare Optik und Kurzzeitspektroskopie im Forschungsverbund Berlin e.V. (MBI)**. Das MBI betreibt Grundlagenforschung auf dem Gebiet der nichtlinearen Optik und Kurzzeitdynamik bei der Wechselwirkung von Materie mit Laserlicht und verfolgt daraus resultierende Anwendungsaspekte. Es entwickelt und nutzt dafür ultrakurze und ultraintensive Laser und laserbasierte Kurzpuls-Lichtquellen in einem breiten Spektralgebiet. Mit diesen Quellen werden am MBI ultraschnelle, nichtlineare Phänomene einerseits in Atomen, Molekülen, Clustern und Plasmen sowie andererseits an Oberflächen und in Festkörpern erforscht.

Das MBI pflegt enge wissenschaftliche Verbindungen zu den Berliner Universitäten. Seine Direktoren wurden mit je einer der Berliner Universitäten gemeinsam berufen.

www.mbi-berlin.de

Das Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ) bearbeitet Probleme der Züchtung kristalliner Werkstoffe von der Grundlagenforschung bis zur technologischen Reife. Wie das MBI gehört es zum Forschungsverbund Berlin e.V. und ist Mitglied der Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz. Und auch wie das MBI ist es Anfang der Neunziger Jahre aus Strukturen der Akademie der Wissenschaften der DDR hervorgegangen.

4 www.helmholtz-berlin.de/quellen/bessy/index_de.html

Neben der Entwicklung von neuen, funktionellen Materialien für Industrie und Forschung ist das IKZ auch auf Verfahren und Ausrüstungen zur Kristallcharakterisierung spezialisiert. Die zurzeit entwickelten Materialien werden vorwiegend in der Mikro-, Opto- und Leistungselektronik, der Photovoltaik, in Optik und Lasertechnik, in der Sensorik und Akustoelektronik genutzt. Das Forschungsgebiet des IKZ umfasst Volumenkristalle, kristalline Schichten und Nanostrukturen sowie die Entwicklung von materialübergreifenden Kristallzüchtungstechnologien.

www.ikz-berlin.de

Im Oktober 1990 empfahl der Wissenschaftsrat, die **Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)** solle zur Qualitätssicherung in der analytischen Chemie Methoden und Referenzmaterialien entwickeln. Sie solle auf dem Gebiet der chemischen Messtechnik eine ähnliche Aufgabe erfüllen, wie sie die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) auf dem Gebiet der physikalischen Messtechnik innehat. Die BAM folgte dieser Empfehlung und entwickelte dafür das Zweiggelände Adlershof der BAM.

Heute gehören zu den Tätigkeitsfeldern der BAM am Standort Berlin-Adlershof viele verschiedene Gebiete: Qualitätssicherung und Methodik der chemischen Analytik, Prozessanalytik, Bioanalytik, Matrixreferenzmaterialien, Spurenanalytik, massenspektroskopische Kopplungsmethoden, magnetische Resonanzspektroskopie, Schwingungs- und zeitaufgelöste Spektroskopie und Sekundäreigenschaften von Referenzmaterialien.

www.bam.de

Das unternehmerische Umfeld

Nach Angaben der WISTA hat die Zahl der Unternehmen in Adlershof 2014 die Schwelle von 1.000 überschritten. Darunter sind 140 Unternehmen aus dem Medienbereich, mittlerweile 380 gewerbliche Unternehmen, Geschäfte, Hotels und Restaurants. Den Kern aber bildet eine Vielzahl von kleinen und mittelständischen HighTech-Unternehmen. Rund 100 Firmen und Forschungsinstitute aus den verschiedenen Bereichen der Analyik machen Adlershof zu einem Standort mit einer dynamischen Entwicklung.

Sie bilden die komplette Wertschöpfungskette von der Grundlagenforschung über die Methoden- und Geräteentwicklung bis hin zu Serienfertigung, kompakten Serviceangeboten und Vertrieb ab.

Der Report „Analytic City Adlershof“ gibt eine gute Übersicht über die Angebote im Detail. In der Ausgabe von 2014 werden neben der universitären Forschung Firmen und Institute aus folgenden Bereichen aufgelistet:

- Life Sciences
- Analytische Chemie
- Oberflächenanalytik
- Optik/Photovoltaik
- Prozessanalytik

Die Entwicklung ist dabei geprägt durch das erfolgreiche Zusammenwirken der verschiedenen Player am Standort Adlershof. Die lokale und überregionale Vernetzung wird gefördert durch regionale und überregionale Treffen. So fand im Sommer 2014 nicht nur die Handlungsfeldkonferenz „Optische Analytik für medizinische und industrielle Anwendungen“ in Adlershof statt sondern auch die Jahrestagung der EOS European Optical Society.

Neben diesen Branchentreffen hat „Analytic City Adlershof“ eine Reihe von weiteren Ideen entwickelt. Zusätzlich zur regelmäßigen Neuauflage des gleichnamigen Reports plant die Initiative Workshops, Ausstellungen und ein Testlabor. Daneben wird es unter dem Dach der WISTA einen erweiterten Internetauftritt geben, über den sich Analytik-Spezialisten austauschen und vor allem Kooperationsgesuche und -angebote einstellen können.

www.adlershof.de[5] | www.wista.de

5 www.adlershof.de/technologie-felder/analytic-technologies/info

4.2 Wissenschaftspark Potsdam-Golm

Der Ort Golm - inzwischen ein Stadtteil Potsdams - blickt auf mehr als 750 Jahre Geschichte zurück. Lange Zeit war er geprägt durch die Landwirtschaft, seit Mitte der 90er Jahre hat er sich aber zum größten Wissenschaftspark des Landes Brandenburg entwickelt.

Im „Wissenschaftspark Potsdam – Golm“ sind heute nicht nur Institute der Universität Potsdam, der Max-Planck und der Fraunhofer Gesellschaft angesiedelt, sondern auch eine wachsende Zahl junger innovativer Firmen.

Insgesamt sind im Wissenschaftspark über 2.500 Menschen beschäftigt und 9.000 Studierende eingeschrieben. Sie finden hier sowohl ein angenehmes Arbeitsumfeld am Rande eines Landschaftsschutzgebietes, hohe Lebensqualität in der Stadt Potsdam und den anliegenden Orten als auch eine ausgeprägte Familienfreundlichkeit vor.

In Planung sind derzeit der Bau einer Kindertagesstätte, eines Studentenwohnhauses, verschiedener Einkaufsmöglichkeiten sowie die Erweiterung der ansässigen Institute.

Ein professionelles Standortmanagement fördert die Entwicklung des Wissenschaftsparks durch gezielten Ausbau der Infrastruktur und bündelt die Kräfte und Interessen aller Institutionen, Institute, Gesellschaften und Unternehmen des Wissenschaftsparks Potsdam - Golm. Vor allem ansiedlungsinteressierte Unternehmen und junge Existenzgründer profitieren von den bestehenden Netzwerken und können auf Erfahrungen und Unterstützung der namhaften Institute und Persönlichkeiten des Standortes zurückgreifen.

www.wisspark.de

Universitäre Forschung

Die **Universität Potsdam** wurde 1991 gegründet, sie hat im Wissenschaftspark Potsdam-Golm Teile der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät sowie der Humanwissenschaftlichen Fakultät angesiedelt.

Zwischen der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät und den außeruniversitären Einrichtungen am Standort Potsdam-Golm bestehen über gemeinsam berufene Professoren und zahlreiche Forschungsprojekte enge Kooperationsbeziehungen.

Fraunhofer Institut für Angewandte Polymerforschung
© Till Budde

Institute der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät am Standort Golm sind das:

- Institut für Biochemie und Biologie
- Institut für Chemie
- Institut für Geographie
- Institut für Geoökologie
- Institut für Geowissenschaften
- Institut für Physik und Astronomie

Die Universitätsinstitute nutzen eine Vielzahl von analytischen Methoden für Forschung und Lehre. Besonders herausragend sind dabei die biologischen Fragestellungen. Am Institut für Biochemie und Biologie (IBB) beispielsweise gibt es eigene Arbeitsgruppen für Molekulare Bioanalytik und Bioelektronik (gemeinsame Berufung mit dem Fraunhofer IBMT), Materialien in den Lebenswissenschaften (gemeinsame Berufung mit der GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH) und Mikroskopie.

www.uni-potsdam.de | www.wisspark.de[1]

Außeruniversitäre Forschung

Die Fraunhofer- und die Max-Planck-Gesellschaft haben in Golm jeweils einen eigenen Campus und sind mit mehreren Instituten vertreten.

Das **Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP** fokussiert sich auf das gesamte Spektrum der Polymeranwendungen. Neben der umweltschonenden, wirtschaftlichen Herstellung und Verarbeitung von Polymeren im Labor- und Pilotanlagenmaßstab bietet das Institut auch die Charakterisierung von Polymeren an. Die Anwendungsfelder sind vielfältig: Sie reichen von Biotechnologie, Medizin, Pharmazie und Kosmetik über Elektronik und Optik bis hin zu Anwendungen in der Verpackungs-, Umwelt- und Abwassertechnik sowie der Automobil-, Papier-, Bau- und Lackindustrie.

www.iap.fraunhofer.de

Im **Institutsteil Bioanalytik und Bioprozesse des Fraunhofer-Institut für Zelltherapie und Immunologie (Fraunhofer IZI-BB)** wird auf den Gebieten der Bioanalytik und molekularer Diagnostik, Lab-on-Chip-Technologien sowie zellulärer und zellfreier Biotechnologie geforscht und entwickelt.

www.izi.fraunhofer.de

Die Max-Planck-Gesellschaft ist mit drei Instituten in Golm vertreten. Sie teilen sich ein Zentralgebäude mit einem Hörsaal, Seminarräumen, Verwaltungsbüros und der Cafeteria, sind ansonsten aber vollkommen unabhängig voneinander.

Das **MPI für Gravitationsphysik (Albert-Einstein-Institut)** hat sich seit seiner Gründung 1995 als international führendes Forschungszentrum für Gravitationsphysik etabliert.

www.aei.mpg.de

Das **Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung** wurde 1992 gegründet. Aktuelle For-

1 www.wisspark.de/institute.html

schungsschwerpunkte sind polymere Filme, Membranen, organische und anorganische Nanostrukturen, Mikrokapseln, Biomineralisation, Nano- und Mikroreaktoren, molekulare Motoren und Filamente sowie Chemie und Biologie der Kohlenhydrate.

Außerdem wird an biomimetischen Systemen gearbeitet. Aufbauend auf Vorbildern aus der Natur werden da neue hierarchische Materialien und aktive Systeme erforscht, die adaptiv, selbst heilend oder selbstassemblierend sein können.

www.mpikg.mpg.de

Das 1994 gegründete **Max Planck Institut für Molekulare Pflanzenphysiologie (MPI-MP)** beschäftigt sich vor allem mit der Erforschung von Prozessen, die das pflanzliche Wachstum und die Biomasseproduktion bestimmen oder beeinflussen. In diesem Zusammenhang werden die Stoffaufnahme über die Wurzel, der Auf- und Abbau von Inhaltsstoffen, deren Transport, Speicherung und Mobilisierung sowie die Frage nach der Regulation dieser Vorgänge analysiert. Zum Einsatz kommen Verfahren, die es ermöglichen eine große Anzahl von Proben auf ihre Inhaltsstoffzusammensetzung und Genaktivitäten hin zu untersuchen. Mit Hilfe der Bioinformatik können aus der Vielzahl der erhobenen Daten Computermodelle erstellt werden.

Weitere Forschungsthemen am MPI-MP sind die Physiologie und Genetik von Zellorganellen sowie die molekularen Mechanismen der Evolution pflanzlicher Genome. Das Methodenspektrum umfasst Techniken der Molekularbiologie, Genetik, Physiologie, Biochemie, Biophysik und Bioinformatik.

www.mpimp-golm.mpg.de

Firmenansiedlungen im Innovationszentrum Golm

Das **Golm Innovationszentrum GO:IN** ist ein naturwissenschaftlich orientiertes Innovations- und Gründerzentrum. Es bietet exzellente räumliche Voraussetzungen für

Das Golm Innovationszentrum GO:IN in Potsdam
© Thomas Ritschel

Existenzgründer oder kleinere und mittlere Unternehmen aus Forschung und Entwicklung in den Bereichen Biologie, Physik und Chemie sowie ein inspirierendes wissenschaftliches Umfeld. Dazu gehören nicht nur modern und zweckmäßig eingerichtete Labor- und Büroräume, sondern vor allem auch unternehmensnahe Dienstleistungen, individuelle Beratung und die Einbindung in die regionalen Netzwerke. Im GO:INcubator werden Absolventen, wissenschaftliche Mitarbeiter, Post-Docs, Professoren, Unternehmer und freie Erfinder aus ganz Deutschland bei der Entwicklung ihrer Vorhaben, Start-ups und Unternehmen unterstützt. Ende 2014 waren im GO:IN insgesamt 18 Firmen angesiedelt.

www.goin-potsdam.de | www.goincubator.de

4.3 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.

www.campus-charlottenburg.org

Universitäre Forschung

Mehr als 8.300 Menschen arbeiten, lehren und forschen an der **Technischen Universität Berlin (TU Berlin).** Rund 32.000 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 verfügte 2014 neben 295 Millionen aus staatlichen Zuschüssen auch über 178 Millionen Euro an Drittmitteln.

www.tu-berlin.de

Das **Institut für Optik und Atomare Physik (IOAP)** an der TU Berlin vereinigt leistungsfähige physikalische Messmethoden und deren Anwendungen unter einem Dach. Das ermöglicht vorwiegend methodenorientierte 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. Am Institut für Optik und atomare Physik arbeiten 11 verschiedene Arbeitsgruppen. Daneben wurden am Institut mit verschiedenen Berliner Forschungseinrichtungen gemeinsame Professuren und Dozenturen berufen, darunter mit dem MBI, der PtB, dem FHI, der Beuth HS für Technik, dem HHI und dem FBH, und mit dem HZB.

www.ioap.tu-berlin.de

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 hochbrillianten Laser-Plasmaquelle bei einer Emissionswellenlänge von 2.48 nm im Spektralbereich des Wasserfensters. Eine weitere Laser-Plasmaquelle für den weichen Röntgenbereich unter 1.2 keV steht für verschiedene Varianten der Röntgenfluoreszenzspektroskopie zur Verfügung. Zudem gibt es zwei Aufbauten mit Röntgenröhren für Röntgenabsorptions- und emmisionspektroskopie, mit denen eine chemische Speziation der Übergangsmetalle durchgeführt werden kann. Auch eine Methode zur dreidimensionalen Bildgebung der Elementverteilung in Proben ist vorhanden. 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.

www.blix.tu-berlin.de

Im Exzellenzcluster **„Unifying Concepts in Catalysis“ (UniCat)** wird das volkswirtschaftlich wichtige Gebiet der

Katalyse erforscht. Dabei geht es um die Entwicklung und Erforschung von Katalysatoren für eine effizientere und schonende Nutzung von natürlichen Energie- und Materialressourcen und die Erforschung neuer „intelligenter“ Enzyme für die Antibiotikaherstellung.

Die Förderung des Exzellenzcluasters hat eine Laufzeit von 2007 bis 2017. Sprecher des Exzellenzclusters ist Prof. Matthias Drieß vom **Institut für Chemie der TU Berlin**. Im interdisziplinären Forschungsverbund arbeiten rund 50 natur- bzw. ingenieurwissenschaftliche Arbeitsgruppen der TU Berlin, der FU Berlin, der Humboldt-Universität zu Berlin, der Universität Potsdam, des Fritz-Haber-Instituts der Max-Planck-Gesellschaft und des Max-Planck-Instituts für Kolloid- und Grenzflächenforschung in Potsdam zusammen. Gegenwärtig konzentrieren sich die Forschungsarbeiten der am Cluster beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler auf die oxidative Umwandlung von Methan (Erd- und Biogas) zu Ethen, die Aktivierung von Kohlendioxid, die biologische Wasserstoffproduktion für Bio-Brennstoffzellen sowie die Entwicklung neuer naturstoffbasierter Wirkstoffe.

www.unicat.tu-berlin.de

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 zu Gestaltung und Management von Fabrikbetrieben. Im Bereich Automatisierungstechnik hat sich das Institut auf automatische optische Mess- und Prüftechnik spezialisiert, womit es unter anderem möglich wurde, zerissene Akten automatisch zu rekonstruieren. Das Fraunhofer IPK arbeitet eng mit der BAM und der Charité zusammen.

www.ipk.fraunhofer.de

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.

Die Kompetenzen des Heinrich-Hertz-Instituts umfassen optische Kommunikationsnetze und systeme, mobile Breitbandsysteme, photonische Komponenten und elektronische Bildtechniken. Unter anderem werden am Fraunhofer HHI optische und elektrooptische Komponenten und Module entwickelt und gefertigt. Die Linie überdeckt Laser und Detektoren auf der Basis von Indiumphosphid, Polymerlichtwellenleiter und diffraktive optische Elemente.

Schwerpunkte liegen außerdem bei der Video- und Audiocodierung und -übertragung (Video over IP), der 2D- und 3D Bildsignalverarbeitung, Mixed-Reality Displays, autostereoskopischen 3D-Displays, Mensch-Maschine-Schnittstellen, Informationsmanagement sowie Bild- und Videoarchivierung.

www.hhi.fraunhofer.de

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

www.matheon.de

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 am „Institut Berlin“ der PTB beherbergten Fachabtei-

Observatorium der Physikalisch Technischen Bundesanstalt in Charlottenburg
© PTB

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

www.ptb.de[1]

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

Darüber hinaus unterhalten die T-Labs ein Start-up-Netzwerk in Deutschland, Israel und im Silicon Valley.

www.laboratories.telekom.com

(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.

www.entrepreneurship.tu-berlin.de

Auch jenseits der Universität gibt es für Gründer in der City West vielfältige Angebote. Das **Charlottenburger Innovations-Centrum (CHIC)** liegt in unmittelbarer Nachbarschaft zur 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)**, dem 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 (FhG). 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.

www.campus-charlottenburg.org[2] | www.izbm.de

1 www.ptb.de/cms/de/ueber-uns-karriere/ueber-uns/ptb-in-berlin.html
2 www.campus-charlottenburg.org/index.php?id=157

4.4 Technologiestandort Berlin-Südwest

Berlin Südwest ist ein international bedeutender Forschungsstandort. 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 1938 Otto Hahn und Fritz Strassmann die erste Kernspaltung.

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

Zur Bildungslandschaft gehört die international renommierte Freie Universität in Dahlem mit derzeit 29.000 Studierenden, die gemeinsam mit der Humboldt-Universität die größte medizinische Fakultät und Universitätsklinik Europas betreibt.

Weitere Institutionen von Weltrang, wie das Helmholtz Zentrum Berlin für Materialien und Energie, die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, aber auch das Aspen Institute und das Geheime Staatsarchiv Preußischer Kulturbesitz tragen zur internationalen Anerkennung dieses Standortes bei.

www.rm-berlin-sw.de

Universitäre Forschung

Nach dem Krieg und der Teilung Berlins hatte der Westteil der Stadt keine Universität mehr, da die ehemalige Friedrich-Wilhelms-Universität im sowjetischen Sektor beheimatet war. Als Gegenstück wurde 1948 die „Freie Universität Berlin“ gegründet.

Nach der deutschen Vereinigung 1990 profilierte sich die Freie Universität Berlin neu und steigerte ihre Forschungsleistungen. Auch die Zahl ihrer Absolventinnen und Absolventen, der Promotionen und der Veröffentlichungen wuchs in erheblichem Maße.

Als Volluniversität bietet die FU Berlin an 12 Fachbereichen und drei Zentralinstituten mehr als 150 Studiengänge in einem breiten Fächerspektrum an.

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.

www.fu-berlin.de

Der **Fachbereich Physik** der **FU Berlin** betreibt traditionell 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, 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.

www.physik.fu-berlin.de

Der **Fachbereich Veterinärmedizin** an der **FU Berlin** ist einer der fünf Ausbildungsstätten für Tierärztinnen und Tierärzte in Deutschland und ein bekanntes Zentrum für veterinärmedizinische Forschung. Mit der Gründung im Jahr 1790 ist es gleichzeitig auch das älteste Veterinärinstitut.

www.vetmed.fu-berlin.de

1958 beschloss man den Bau eines eigenen großen Krankenhauskomplexes. Im Süden Berlins entstand zwischen 1959 und 1969 das „Klinikum Steglitz“. Realisiert wurde der erste große Krankenhauskomplex Europas, der als Kompaktbau alle Institute, Kliniken und Hörsäle unter einem Dach vereinte. Aus Platzgründen zogen jedoch im Laufe der Zeit einzelne Institute in alte Villen oder Neubauten im Umkreis. Um die amerikanische Hilfe zu würdigen, wurde das Klinikum 1994 in „Universitätsklinikum Benjamin Franklin“ (UKBF) umbenannt. Es verfügte über rund 1.200 Betten

Campus Benjamin Franklin (Charité)
© Charité Universitätsklinikum Berlin

und 36 wissenschaftliche Einrichtungen. 2003 fusionierte das UKBF mit der **Charité – Universitätsmedizin Berlin (Charité)** und firmiert seitdem als Standort **Campus Benjamin Franklin (CBF)**. Die Charité ist die gemeinsame medizinische Fakultät der Freien Universität Berlin und der Humboldt-Universität zu Berlin.

www.charite.de[1]

Zu den speziellen Einrichtungen des CBF 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.

www.berlinprotonen.de

Ebenfalls zur Charité gehören die **Forschungseinrichtungen für Experimentelle Medizin (FEM)**. Sie umfassen mehrere Bereiche wie die zentrale Versuchstierzucht, die Organisation des Tierimports und -exports, den Tierschutz, den tierärztlichen Dienst, die Verantwortlichkeiten im Rahmen der Gentechnik, den Großtier-OP, die transgenen Techniken und die Aus-, Fort- und Weiterbildung im Bereich der Versuchstierkunde und des Tierschutzes. Neben den Charité-Nutzern können die Leistungsbereiche der FEM auch von externen Nutzern wie anderen Universitäten und Firmen in begrenztem Umfang genutzt werden.

web-fem.charite.de

Außeruniversitäre Forschung

Allein schon durch seine historische Entwicklung gibt es am Technologiestandort Berlin Südwest eine große Vielfalt an außeruniversitären Forschungseinrichtungen. Dazu gehören neben vier Instituten der Max-Planck-Gesellschaft mehrere Bundesinstitute, das Konrad-Zuse-Zentrum für Informationstechnik (ZIB) sowie die Bundesanstalt für Materialprüfung und ein Teil des Helmholtz-Zentrums Berlin (HZB, vormals Hahn-Meitner Institut).

Unter den Instituten der Max-Planck-Gesellschaft ist das **Fritz-Haber-Institut (FHI)** das älteste. Es ist ein aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Physikalische Chemie und Elektrochemie in Berlin-Dahlem hervorgegangenes Grundlagenforschungsinstitut. Forschungsschwerpunkte sind das Verständnis von Katalyseprozessen auf molekularem Niveau und Molekülphysik. Das Institut besteht zurzeit aus fünf Abteilungen (Anorganische Chemie, Chemische Physik, Molekülphysik, Physikalische Chemie und Theorie). Seit 2013 verfügt das FHI über einen eigenen Free-Electron-Laser FEL. Dort können an 6 Arbeitsstationen Wellenlängen zwischen 4 und 48 µm genutzt werden.

www.fhi-berlin.mpg.de

Die Forschung am **Max-Planck-Institut für molekulare Genetik (MPIMG)** konzentriert sich auf die Genomanalyse des Menschen und anderer Organismen. Das Ziel ist dabei, die biologischen Prozesse im Organismus besser zu verstehen und Mechanismen zu erforschen, die mit menschlichen Krankheiten im Zusammenhang stehen. Gemeinsam versuchen die Forschungsgruppen des MPIMG, neue Erkenntnisse zur Krankheitsentwicklung auf molekularer Basis zu finden, und damit zur Entwicklung neuer krankheitsrelevanter Therapien beizutragen.

www.molgen.mpg.de

1 www.charite.de/die_charite/campi/campus_benjamin_franklin

Neues Gebäude des Max-Planck-Instituts für molekulare Genetik
© Andreas Muhs

Das **Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR)** ist eine unabhängige wissenschaftliche Einrichtung, die die gesundheitlichen Risiken für Verbraucherinnen und Verbraucher bewertet und daraus Vorschläge zu deren Minimierung ableitet. Die Arbeitsergebnisse und Empfehlungen des BfR dienen allen interessierten Kreisen als wichtige Entscheidungshilfe für Maßnahmen. Arbeitsschwerpunkte sind:

- Entwicklung moderner sensitiver Nachweismethoden,
- Gewinnung von Daten im Rahmen der Risikoanalyse für Expositionsabschätzungen,
- Risikoerkennung, Risikofrüherkennung und Risikominimierung,
- Bewertung, Entwicklung und Validierung von Ersatz- und Ergänzungsmethoden zu Tierversuchen,
- Risikokommunikation und Risikowahrnehmung.

www.bfr.bund.de

Das zweite Bundesinstitut am Standort Berlin Südwest ist das **Julius Kühn-Institut (JKI)**. Es ist das Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen in Deutschland und eine selbständige Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft. Die Kompetenzen des JKI liegen in den Bereichen der Genetik und der Züchtung sowie des Schutzes und der Gesundheit von Kulturpflanzen.

www.jki.bund.de

Eine Berliner Institution mit langer Geschichte ist die heutige **Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung**

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)
© BAM

(BAM). In der BAM wird Materialforschung und Materialprüfung mit dem Ziel betrieben, die Sicherheit in Technik und Chemie weiterzuentwickeln. Im Themenkomplex Material - Chemie - Umwelt - Sicherheit hat die BAM ihre Kompetenzen in den folgenden Schwerpunkten:

- Hoheitliche Funktionen für die öffentliche technische Sicherheit, insbesondere im Gefahrstoff- und Gefahrgutrechtsbereich
- Mitarbeit bei der Entwicklung entsprechender Gesetze, z. B. bei der Festlegung von Sicherheitsstandards und Grenzwerten
- Beratung der Bundesregierung, der Wirtschaft sowie der nationalen und internationalen Organisationen im Bereich der Materialtechnik und Chemie
- Entwicklung und Bereitstellung von Referenzmaterialien und Referenzverfahren, insbesondere der analytischen Chemie und der Prüftechnik
- Unterstützung der Normung und anderer technischen Regeln für die Beurteilung von Stoffen, Materialien, Konstruktionen und Verfahren im Hinblick auf die Schadensfrüherkennung bzw. -vermeidung, den Umweltschutz und den Erhalt volkswirtschaftlicher Werte.

An der BAM wird eine Vielzahl analytischer Methoden genutzt, insbesondere aus den Bereichen der Materialprüfung und der analytischen Chemie.

www.bam.de

Das **Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie (HZB)** betreibt an seinen Standorten in Wannsee und Adlershof zwei wissenschaftliche Großgeräte für die physikalische Grundlagenforschung: Die Neutronenquelle BER

II am Standort Wannsee stellt Neutronen für die Forschung zur Verfügung. BER II bildet den Kern der Einrichtung, die 1959 als Hahn-Meitner-Institut in Berlin Wannsee gegründet wurde. Am 1. Januar 2009 wurde sie mit der Berliner Elektronen-Speicherring Gesellschaft für Synchrotronstrahlung, (BESSY) zum HZB fusioniert. Die Synchrotronstrahlungsquelle BESSY II in Adlershof ermöglicht Materialanalysen mit brillantem, kohärentem Licht vom Terahertz- bis in den Röntgenbereich. Diese Forschungsinfrastrukturen werden jährlich auch von rund 3000 externen Messgästen genutzt. Alle Institute und Abteilungen in den HZB-Forschungsbereichen werden von gemeinsam mit Hochschulen in Berlin und Brandenburg berufenen Professorinnen oder Professoren geleitet. Die Forschungsbereiche werden durch Nachwuchsgruppen, sowie gemeinsame Forschergruppen und gemeinsame Laboratorien - „Joint Labs“ - mit den Hochschulen komplettiert.

Der **Forschungsreaktor BER II** am HZB liefert Neutronenstrahlen für ein breites Spektrum wissenschaftlicher Untersuchungen, insbesondere für die Materialwissenschaften. Sowohl thermische als auch kalte Neutronen stehen zur Verfügung. Sie gelangen über mehrere Neutronenleiter-Rohre zu den insgesamt 24 Messplätzen. Das Besondere am HZB sind dabei die einzigartigen Probenumgebungen. Platziert in den stärksten Magneten der Welt, können die Proben - während sie mit Neutronen bestrahlt werden - zugleich tiefen Temperaturen ausgesetzt werden.

www.helmholtz-berlin.de[2]

(Aus-)Gründen in Berlin Süd-West

Firmengründer haben auch am Standort Berlin-Südwest umfangreiche Möglichkeiten. Neben den Programmen von FU Berlin und Charité gibt es auch ein lokales Gründerzentrum. Mehrfach ausgezeichnet wurde **„profund“, die Gründungsförderung der Freien Universität**. Dort finden Angehörige der FU Berlin und Absolventen bis zu 5 Jahre nach dem Verlassen der Universität umfangreiche Beratungsangebote. Auf dem Universitätscampus befinden sich drei Gründerhäuser mit insgesamt 100 Arbeitsplätzen.

Seit 2009 arbeitet die FU Berlin mit der Charité in der Gründungsförderung zusammen. Unter dem Dach der Entrepreneurial Network University soll die Kooperation eine neue Qualität erreichen und auf weitere Partner ausgeweitet werden. Sie sind Partner im EXIST-IV-Projekt „Entrepreneurial Network University“ und mit 2,8 Millionen Euro Fördermitteln wollen sie dieses Projekt bis 2018 umsetzten.

www.fu-berlin.de/profund

Die Vielzahl der von „profund“ betreuten Gründungen wird bald eine neue Adresse bekommen. Auf dem ehemaligen gut 5 ha großen Gelände des ehemaligen US-Hospitals an der Fabeckstr. 62 in unmittelbarer Nähe zum Campus der Freien Universität Berlin in Dahlem wird ein neues **Technologie- und Gründungszentrum SÜDWEST (TGZ SW)** errichtet. Um das TGZ SW herum wird es weitere Gebäude geben für Firmen in der Nachgründungsphase (Wachstumsphase).Nach Aussagen des Regionalmanagements SÜDWEST wird sich die wesentliche Nutzung an der fachlichen Ausrichtung der ansässigen Hochschule und Forschungseinrichtungen und den lokalen Forschungsschwerpunkten Mathematik/Informatik, IKT, Gesundheitswirtschaft sowie neuer Materialien ausrichten. Insgesamt bietet das Gelände dann Platz für 60 bis 80 Unternehmen mit ca. 900 Mitarbeitern.

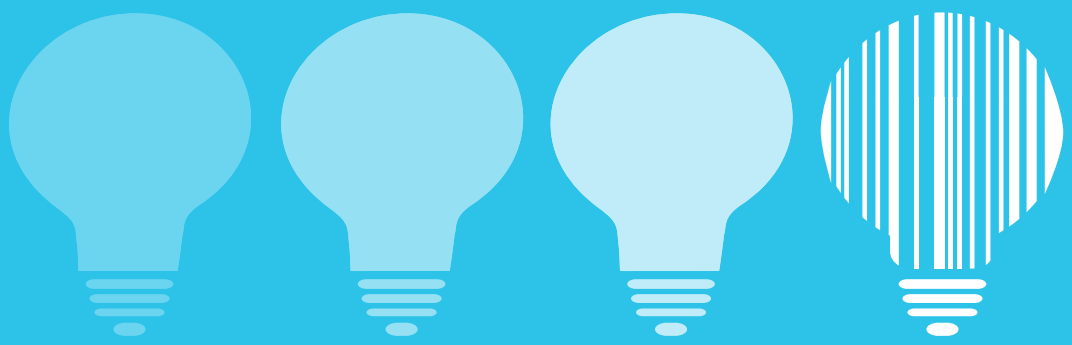
www.rm-berlin-sw.de[3]

Industrie: Schwerpunkt Medizintechnik

Im Umfeld von Freier Universität und des Charité-Campus Benjamin Franklin haben sich verschiedene Unternehmen aus dem Bereichen Medizintechnik und Analytik angesiedelt. Dazu gehören zum Beispiel die Berlin Heart GmbH, Knauer Wissenschaftlicher Gerätebau oder die Laser- und Medizin-Technologie GmbH. Im Berliner Südwesten existiert ein international konkurrenzloses Netzwerk für RNA-Technologien.

www.rm-berlin-sw.de[4]

2 http://www.helmholtz-berlin.de/quellen/ber/index_de.html
3 www.rm-berlin-sw.de/projekte/technologie-und-gruendungszentrum-suedwest-fubic.html
4 www.rm-berlin-sw.de/rmsw/partner-netzwerke.html



5 Forschung & Industrie

5.1 Prozessmesstechnik

Einleitung

Unter dem Stichwort Industrie 4.0 und den damit verbundenen Trends bei der Entwicklung von cyber-physischen Systemen, die eine intelligente Produktionsumgebung in der „Fabrik der Zukunft“ (Smart Factory) sicherstellen sollen, wird schnell klar welche Voraussetzungen geschaffen werden müssen: Lückenlose und präzise Messungen aller relevanten industriellen Fertigungsparameter. Das betrifft Materialgrößen der Ausgangsstoffe genauso wie Prozessparameter und finale Produkteigenschaften. Egal, ob diese Parameter vor, während oder nach einem bestimmten Fertigungsschritt gemessen werden – sie alle ermöglichen erst eine effiziente Produktion in höchster Qualität mit niedrigsten Fehlerquoten. Dabei gewinnt die Prozessanalytik noch weiter an Bedeutung, z. B. in der chemisch pharmazeutischen Industrie, der Fertigungstechnik, in der Landwirtschaft oder im Umweltschutz. Sie liefert ein Verständnis für die betrachteten Vorgänge als Basis für deren optimale Gestaltung („Quality by Design“) sowie die Möglichkeit einer kontinuierlichen Qualitäts- und Sicherheitsüberwachung der Produkte und Materialien. Prozessanalytische Techniken erfordern eine hohe Zuverlässigkeit im Hinblick auf technische Funktionalität, analytische Präzision, Robustheit und Sicherheit. Diese Zuverlässigkeit muss gewährleistet werden. Nach Aussagen der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) wird die Prozessanalytik in den kommenden Jahren einen erheblichen Einfluss gerade auf die chemisch-pharmazeutische Produktion und die Fertigungstechnik bekommen und damit die Märkte stark beeinflussen. Durch die historische Verbundenheit von Forschung und Industrie an den Standorten in Berlin und Brandenburg haben sich viele kleine, mittlere und große Unternehmen entwickelt, die hochspezialisierte Lösungen für Aufgaben der Prozessanalytik wie auch der Prozessmesstechnik anbieten. Gerade die KMU haben meist aus einer Kernkompetenz der Gründer eine Reihe von Verfahren und Messgeräten entwickelt, die heute zur technologischen Weltspitze zählen. Dem zur Seite stehen viele Forschungseinrichtungen mit großer Applikationsnähe, die kontinuierlich und auf höchstem Niveau, neue Technologien entwickeln und vermarkten. Die Themenbreite ist dabei erheblich, die folgende Übersicht kann ihrer Natur nach nur einen ersten Einblick geben in eine sich stetig verändernde Angebotslandschaft von Firmen und Instituten an den verschiedenen Standorten in Berlin und Brandenburg.

Prozessanalytik

Schwerpunkt des **Fachbereichs Prozessanalytik** in der **Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM)** ist die Entwicklung und Anwendung prozessanalytischer Technologien (PAT). Das Arbeitsgebiet umfasst die Entwicklung und Validierung von Online- und Atline-Analyseverfahren. Die Prozessanalytik unterstützt die BAM durch Forschung, Entwicklung und öffentliche Diskussion auf verschiedenen Gebieten:

- Weiterentwicklung von Online-Analysenmesstechnik und -Sensorik, insbesondere Verbesserung der Messfähigkeit
- Schaffung von robusten Prozessdatenauswertungen als Nachweis der Prozessfähigkeit
- Erfassung „nicht-chemischer Größen“ als empirische Qualitätskennzeichen

Dabei bedient die BAM folgende Themenfelder:

- Gasanalytik
- Anorganische Prozessanalytik - Röntgenfluoreszenzanalyse
- Optische Spektroskopie
- Chemometrie; Metrologie

Folgende Verfahren werden verwendet:

- (Prozess)-Raman-Spektroskopie
- Prozess-Gasanalytik
- Röntgenfluoreszenz-Spektroskopie
- Quantitative Prozess-NMR-Spektroskopie
- Prozess-UV/VIS und NIR-Spektroskopie

www.bam.de[1]

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. Die Aufgabe wird, wann immer möglich, durch Modifikation existierender Technologien angegangen. Das ist der schnellste und kostengünstigste Weg. Dafür kooperiert JP-ProteQ mit Partnern, wie der Universität Potsdam, Optikexpertisen Dr. Volker Raab., Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH u.a., die das Detail-Know-how in das jeweilige Projekt mit einbringen.

www.jp-proteq.com

1 www.bam.de/de/kompetenzen/fachabteilungen/abteilung_1/fg14

Multidimensionale Methoden für die industrielle Qualitätssicherung

Interview mit Dr. Uwe Beck, Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM)

Als Leiter des Fachbereiches Oberflächenmodifizierung und -messtechnik bei der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) arbeiten Sie anwendungsbezogen vor allem für Unternehmen im Auftrag des Bundeswirtschaftsministeriums. Mit welchen fachlichen Themen beschäftigen Sie sich vor allem?

Der Fachbereich gliedert sich in drei Kompetenzfelder der Oberflächenmodifizierung bzw. Oberflächenmesstechnik mit folgenden Schwerpunkten: 1. mechanisch-technologische, 2. optische und 3. chemisch-mikrostrukturelle Oberflächen- und Schichtkenngrößen. Sowohl als Analyse-, Mess- und Prüfverfahren als auch applikationsbezogen sind die optischen Verfahren von besonderer Relevanz. Sie arbeiten schnell, in der Regel zerstörungsfrei bzw. nichtinvasiv, kommen mit kleinen Analytmengen aus und sind multispektral in verschiedenen Wellenlängenbereichen (vom EUV bis ins FIR) einsetzbar. Derzeit werden im Fachbereich etwa 10 Drittmittelprojekte unterschiedlichster Projektträger (EU, BMBF, BMWi, AiF, DFG) bearbeitet. Vorhaben im Bereich der optischen Messtechnik befassen sich aktuell mit so unterschiedlichen Fragestellungen wie der Schichtcharakterisierung für energiewandelnde Systeme, dem Gasmonitoring von Schadgasen mittels neuartiger optischer Sensoren sowie dem optischen Nachweis von Restverschmutzungen, Verunreinigungen und Kontaminationen auf Oberflächen.

Drei optische Verfahrensgruppen sollen besonders herausgehoben werden, zum ersten die Ellipsometrie zur zerstörungsfreien Material- und Schichtanalyse, zum zweiten die Raster-Sonden-Verfahren zur Bewertung der Oberflächentopographie und zum dritten die mikrostrukturell-chemischen Verfahren. Diese Multi-Sonden-Verfahrenskombination ist deshalb so wichtig und notwendig, weil es bei Untersuchungen der BAM kein typisches Produkt, kein typisches Material und keine typische Applikation gibt, sondern die gesamte Breite des Material- und Applikationsspektrums anzutreffen ist. Mit zunehmender Miniaturisierung müssen Sondenartefakte immer in Erwägung gezogen werden. Der Multi-Sonden-Ansatz stellt somit für eine unbekannte Problemstellung eine intrinsische Möglichkeit der Validierung dar.

Mit welcher Art von Projekten kann ein interessiertes Unternehmen zu Ihnen kommen? Wie sieht eine Kooperation in der Praxis aus?

Hier gibt es keine grundsätzlichen Einschränkungen, aber viele Optionen: Angefangen vom Prüfbericht, über FE-Vorstudien, Zuschussvorhaben oder Drittmittelprojekte, Vergleichsversuche, Maßnahmen zur Qualitätssicherung, die Bearbeitung von Schadensfällen bis zur Herstellung von Kundenwunsch-Referenzmaterialien oder Arbeiten auf dem Gebiet der pränormativen Forschung.

In der Dünnschichtanalytik gibt es einen großen Trend zu optischen Messverfahren. Sie sind berührungsfrei und unkompliziert. Welche Entwicklungen erwarten Sie in diesem Bereich in den nächsten Jahren?

Ganz klar - die weitere Miniaturisierung, die Nanotechnologie lässt grüßen. Gleichzeitig aber die Notwendigkeit der Evaluierung größer Flächen/Substanzmengen/Losgrößen mit Taktzeiten, wie sie in der industriellen Qualitätssicherung erforderlich sind. Eine Sekunde (pro Analyse/Messung/Prüfung) ist da oft der Maßstab. Andererseits muss das Produkt, das Material, die Charge oft im m2-Bereich/Tonnen-Maßstab/106-Stück Anzahl qualifiziert werden. Hier sind multidimensionale Verfahren, wie zum Beispiel der Übergang vom Mapping zum Imaging, unverzichtbar. Qualitätssicherung heißt überdies oft at-line, on-line und in-situ Anwendbarkeit des Verfahrens, hier sind optische Fernfeldmethoden, zu denen die Ellipsometrie gehört, von immanenter Bedeutung. Die Miniaturisierung wird sich analog der Mikroelektronik auch in der Mikrosystemtechnik fortsetzen, der Übergang von MEMS zu MOEMS ist im Gange. Halbleiterlaser und LEDs ermöglichen Hand-held Analysen-/Mess- und Prüfsysteme, die vor wenigen Jahren noch undenkbar waren. Intensitätsstarke miniaturisierte Lichtquellen, integrierte Wellenleiter, laserfeste Schichtsysteme, Multi-Moden-Techniken und die Ausnutzung von Quanteneffekten sind weitere Stichworte. Alle Analysen/Messungen/Prüfungen sollen dabei möglichst lateral hoch-auflösend (2D-Pixel) oder gar tomographisch (3D-Voxel) erfolgen.

Dr. Uwe Beck
Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)
Fachbereich 6.7, Oberflächenmodifizierung und -messtechnik
Unter den Eichen 44 – 46
12203 Berlin
E-Mail: info@bam.de
www.bam.de/en

Dr. Uwe Beck studierte Physik an der TU Dresden. Seine Diplom-Arbeit widmete sich der Korrosionsforschung. In den Jahren 1980-1991 folgte eine Tätigkeit am Forschungszentrum Teltow. Nach seiner Aspirantur an der AdW Berlin, promovierte Dr. Uwe Beck 1990 an der HU Berlin zu Schichtsystemen für EL-Displays. Seit 1991 ist er an der BAM Berlin tätig, wo er 2012 zum Fachbereichsleiter für „Oberflächenmodifizierung und -messtechnik“ berufen wurde. Zusammen mit Prof. Dr. A. Lunk (Universität Stuttgart) gründete er außerdem 1999 den Arbeitskreis Ellipsometrie (AKE) – Paul Drude e.V.

PRISMAGIC®-Spiegelkopf
© Bi-Ber GmbH & Co. KG

Bildverarbeitung für die Qualitätskontrolle

Das Hauptgeschäftsfeld der Firma **Bi-Ber** ist die Entwicklung und Herstellung von Bildverarbeitungssystemen für die produktionsbegleitende Qualitätskontrolle. Schwerpunkt bildet dabei die Realisierung von optischen Messsystemen für Prüfaufgaben an elektronischen und mechanischen Bauelementen in Gurt-, Prüf-, Programmier- und Montageautomaten für die Medizintechnik, Automobilzuliefer- und Elektronikindustrie.

Standardlösungen liefern sie zur Qualitätssicherung in der Süßwarenindustrie, z.B. Bildverarbeitungssysteme für die Formenleerkontrolle sowie bei Multi-View-3D Applikationen (z.B. PRISMAGIC® als Komplettsystem oder Komponente). Beispiele für entsprechende Applikationen sind die optische Kontrolle von Zündstrichkeramiken, radioaktiven Seeds in der Medizintechnik, Leerflaschen oder anderen zylindrischen Bauteilen.

www.bilderkennung.de

Lösungen für die industrielle Bildverarbeitung (Machine Vision) bietet auch **CHRONOS VISION**. Unabhängig davon, ob die passende Kamera oder eine schlüsselfertige Lösung gesucht ist – die Experten von CHRONOS VISION helfen in einem Beratungsgespräch oder mit einem kostenlosen Mustertest, das richtige Kameramodell auszuwählen. Sie bieten mit gezielten Schulungen und der Begleitung während der Entwicklungsphase einen individuellen Know-How Transfer.

Multispektralkamera KUSTAx.xMSI für den Einsatz in der Sortierung von Kunststoffen
© LLA Instruments GmbH

Die Anwendungen reichen von der Automobilindustrie bis zur Lebensmittelbranche.

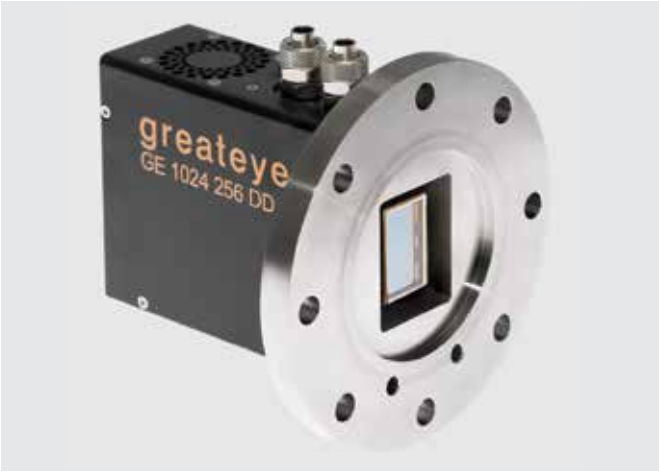
www.chronos-vision.de

Die Firma **pi4_robotics** ist einer der führenden Hersteller von Bildverarbeitungssystemen, Prüfautomaten und Robotern mit Sitz in Berlin. In der Photovoltaik-Branche ist pi4_robotics wegweisend mit Qualitätsprüfsystemen auf Basis der Elektrolumineszenz-Technologie. Die Systemlösungen werden derzeit vor allem in den Branchen Photovoltaik, Automotive, Glas, Medizin und Pharma, Brennstoffzellen sowie im Bereich Keramik eingesetzt. Zu den Hauptumsatzträgern von pi4_robotics gehören Flachglas-Inspektionssysteme. pi4_robotics ist der Erfinder des Produktidentifikationssystems PV-IDent. Dabei werden auf Basis von Elektrolumineszenz-Bildern von Solarmodulen inhärente Produktmerkmale ermittelt, die zur Wiedererkennung verwendet werden.

www.pi4.de

Bildgebende Spektroskopie

Die **LLA Instruments GmbH (LLA)** entwickelt und produziert seit über 20 Jahren analytische Messtechnik für die bildgebende stoffliche Bewertung im Prozess und im Labor. Bei der Analyse und Sortierung von Materialströmen wie z.B. der Trennung von Müll im Recycling sind NIR-Spektrometer von LLA



Full-Frame CCD Kamera für VUV, EUV, X-Ray Bildgebung und Spektroskopie
© greateyes GmbH

IR-Kameras und Pyrometer der Fa. Optris GmbH
© Optris GmbH

weltweit im Einsatz. Dabei sind die Identifikation von PVC bei der PET-Flakesortierung und die Erfassung von Störstoffen beim Altpapierrecycling Aufgaben, die durch LLA-Messtechnik schnell und sicher gelöst werden. Auch im Bauschuttrecycling und in der Sortierung von Mineralien und Lebensmitteln werden die bildgebenden NIR-Spektrometer erfolgreich eingesetzt. Die NIR-Produktpalette umfasst Multi- und Hyperspektralkameras sowie Multiplex-Spektrometer. Umfangreiches Zubehör wie Beleuchtungseinheiten, Softwarepaket, RGB-Kamera und umfassender technischer Support komplettieren die Spektrometerserien. Zur in-situ-Bewertung von anorganischen Stoffen, wie Metall und Glas, gehören auch spektral hochauflösende Echelle Spektrometer zum LLA Portfolio.

www.lla-instruments.com

Hochempfindliche CCD Kameras für Spektroskopie und Bildgebung

Für die Spektroskopie und Bildgebung vom Röntgenbereich (X-Ray) bis ins nahe Infrarot (NIR) bietet **greateyes** eine Serie von leistungsfähigen gekühlten Full-Frame CCD-Kameras an. Die Kameras kombinieren wissenschaftliche CCD Sensoren und rauscharme Ausleseelektronik für die optimale Messung schwacher Signale. Aufgrund dieser Eigenschaften sind sie als Detektoren für eine Vielzahl von Anwendungen in Industrie und Wissenschaft hervorragend geeignet, z.B. bei der Inspektion von Solar-Zellen und Modulen. Diese können eine Reihe von unsichtbaren Defekten aufweisen, welche die Ausgangsleistung und die Langzeitstabilität vermindern. Die hochempfindlichen Inspektionssysteme von greateyes machen diese Defekte sichtbar. Die Messgeräte werden eingesetzt für F&E, Kontrolle und Optimierung der Produktion, Eingangs- und Ausgangsqualitätskontrollen, Defektanalyse sowie zur Inspektion von Solarstromanlagen. Die Systeme tragen somit zur effektiven Kostensenkung bei und zur Steigerung der Qualität von Photovoltaik-Produkten.

www.greateyes.de

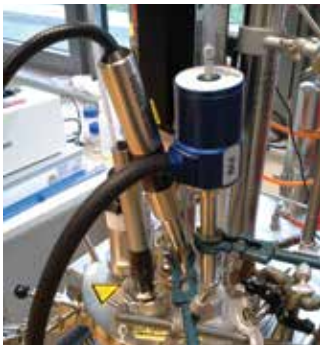
IR-Sensoren und -Kameras

Seit über 10 Jahren entwickelt und fertigt **Optris** innovative Infrarot-Messgeräte zur berührungslosen Temperaturmessung wie Handthermometer, stationäre Industriethermometer und Infrarotkameras zur punktuellen und Flächen-Messung. Mit ihnen und der kostenfreien Thermoanalyse-Software lassen sich fast alle Herstellungsprozesse konstant überwachen, steuern und durch gezielte Prozessoptimierung die Produktionskosten senken. Zu den Applikationsgebieten gehören die Automobilbranche, Kunststoffverarbeitung, Temperaturüberwachung in Medizin, Biowissenschaft, Metallindustrie, Solar- und Halbleiterindustrie, Glasindustrie, für Zellstoff-, Papier- und Textilindustrie und nicht zuletzt für Prozesse der Lasermaterialbearbeitung.

www.optris.com

Fasersensorik und Vielkanalspektroskopie

innoFSPEC Potsdam ist ein Gemeinschaftsvorhaben des Leibniz-Instituts für Astrophysik Potsdam (AIP) und der Universität Potsdam (UP). Grundlagenforschung und innovative Technologielösungen für Fasersensorik und Vielkanalspektroskopie sind die Mission von innoFSPEC Potsdam. Dafür werden die Kompetenzen neuer chemischer Analyseverfahren mit leistungsfähiger Multiobjekt-Vielkanalspektroskopie vereint. So setzt zum Beispiel das Projekt „Faseroptische Prozess-Sensorik“ viele, sich ergänzende faseroptische Sensoren an einem leistungsfähigen Modell-Reaktor ein, um innovative Methoden zur On- und In-line-Analytik chemischer Verfahren zu entwickeln und das enorme Potential von Prozessanalyse-Technologien (PAT) aufzuzeigen.



Fermenter mit (Faser-)optischen in-line Sonden
© Sandmann

www.innofspec.de

Farbmesstechnik

Die Firma **Colvistec** ist spezialisiert auf die Integration der Farbmessung in die Prozesslinie. Ziel ist die kontinuierliche Prozessüberwachung und Qualitätskontrolle zur Effizienzsteigerung. Dabei geht es um die frühzeitige Erkennung und Vermeidung von Fehlern und Ereignissen direkt in Herstellungsprozessen. Verschieden konzipierte Messsonden bieten Lösungen für sehr viele Anwendungen an transparenten sowie opaken Materialien. Zu den Applikationsfeldern gehören: Polymere (Extruder Anwendung), Pulver (Pulverlack, andere pulverige Medien), Mischprozesse, pastöse Medien, Lacke und Farben, Druckfarben, Pharmaka (als PAT für Hot Melt Extrusion), Chemie, Papier, Lebensmittel, Getränke und anderen flüssige Medien.

www.colvistec.de

Optische Sensoren und MEMS-Technologie

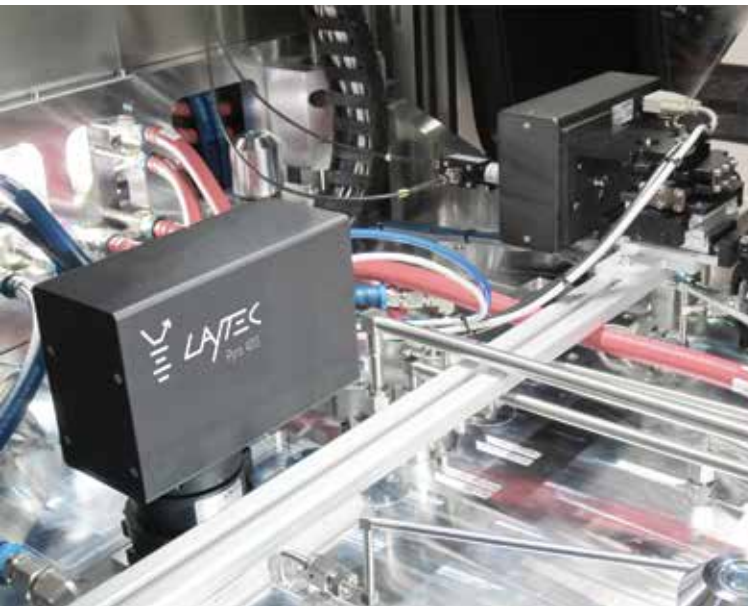
First Sensor entwickelt und fertigt hochpräzise optische und optoelektronische Sensorlösungen aus einer Hand und mit langfristiger Lieferkontinuität. Dazu gehört die Bauteilentwicklung und -fertigung in Reinräumen des Halbleiterwerks, Aufbau- und Verbindungstechnik und optoelektronische Hybridintegration bis hin zur kompletten Systementwicklung. Als Bauteil-, Modul- oder Systemlösung sind First Sensor Produkte integrierter Bestandteil vieler Applikationen, zum Beispiel als Drucksensoren, Durchflusssensoren, Füllstandssensoren, Strahlungssensoren (Alpha-, Beta- und Gamma- sowie Röntgenstrahlung) oder Spezialsensoren.

www.first-sensor.com

Die zur exceet Group gehörende **AEMtec GmbH** entwickelt und produziert seit über zehn Jahren am Wissenschafts- und Technologiestandort Berlin-Adlershof hochminiaturisierte elektronische Komponenten und Systeme. Häufig soll eine Auswerteelektronik direkt mit der Sensorikkomponente auf engsten Raum kombiniert werden. Ob optische, magnetische oder Drucksensoren – AEMtec hat einen breiten Erfahrungsschatz mit den jeweiligen Technologien und speziellen Herausforderungen. Im Drucksensorikbereich ist beispielsweise die Kalibrierung ein wesentliches Thema. AEMtec entwickelt und produziert zum Beispiel auch Drehwinkelsensoren, optische Sensoren und MEMS Systeme. Für den Test von integrierten optischen Baugruppen steht speziell entwickeltes, präzises Testequipment zur Verfügung. Das Engineering Team der AEMtec enthält auch eine Gruppe für die Entwicklung produktspezifischer (opto)elektronischer Testsysteme.

www.aemtec.com

CP – Color Probe
© COLVISTEC GmbH



Pyro 400: All real-time growth parameters
© LayTec GmbH

ALD Real Time Monitor
© Sentech Instruments

Überwachung von Dünnschicht-Prozessen

Die Firma **LayTec** ist einer der weltweit führenden Hersteller prozessintegrierter optischer Messtechnik für Dünnschicht-Prozesse. Messgeräte von LayTec liefern Echtzeitinformationen über die Technologie-Parameter von Beschichtungsprozessen – entweder in-situ während des Prozesses oder in-line während des Substrattransfers zwischen den Beschichtungsschritten. LayTecs Produkte werden in Industrie und Forschung auf der ganzen Welt genutzt. Sie verkürzen die Entwicklungszyklen neuartiger Dünnschichtmaterialien und -Prozesse beträchtlich. Integriert in Produktionslinien ermöglichen LayTec-Produkte zudem eine sehr effiziente Qualitätskontrolle und eine automatisierte Prozesssteuerung, wodurch sowohl die Prozessausbeute als auch die effektiven Anlagenlaufzeiten deutlich gesteigert werden können.

www.laytec.de

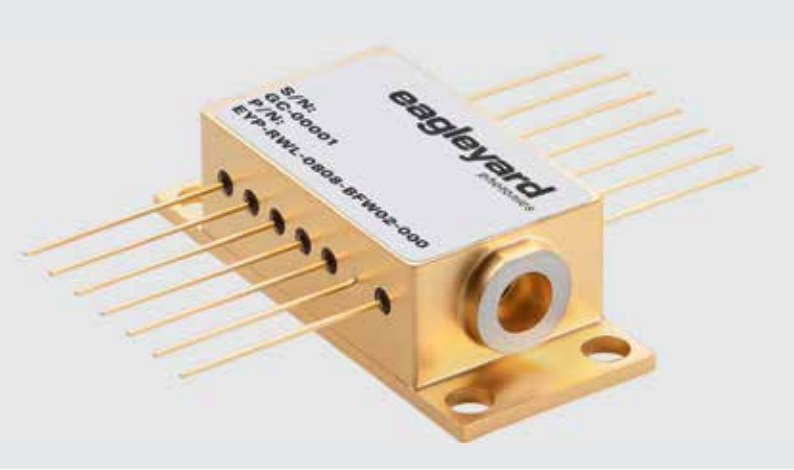
SENTECH Instruments gehört zu den führenden Anbietern von Plasma-Prozesstechnologie-Anlagen zum Beschichten mittels Atomic Layer Deposition ALD und Plasma-enhanced chemical vapor deposition (PECVD), sowie zum Ätzen und offeriert Ellipsometer zur Dünnschichtmesstechnik. Der neue ALD Real Time Monitor ergänzt SENTECHs ALD-Systeme mit Insitu-Messtechnik. Mit dem Real Time Monitor können Adsorption und Desorption während des ALD-Prozesses aufgelöst werden. Dies dient besonders der Optimierung von ALD-Prozessparametern. Der Vorteil gegenüber herkömmlichen Methoden ist, dass das optische Verfahren auf der tatsächlichen Probenoberfläche misst.

www.sentech.com

Ultraschalltechnologie für die Halbleiterfertigung

Für die Aufbau- und Verbindungstechnik in der Halbleiterfertigung (Chip-Kontaktierung) entwickelt und fertigt **F&K Physiktechnik** in Potsdam hochmoderne Ultraschall-Komponenten für den Einsatz in Draht- & Flip-Chip-Die-Bondmaschinen. Passend dazu bieten sie nicht nur Testsysteme für Ultraschall-Transducer sondern auch Beratung zum Ultraschall-Bondprozess, Bondbarkeitsuntersuchungen und Schwingungsuntersuchungen vor Ort mittels Laserinterferometrie an.

www.fkphysiktechnik.com



Butterfly Ridge Waveguide Laser
© eagleyard Photonics GmbH

Single Particle Explorer (SPE)
© rap.ID Particle Systems GmbH

Laserquellen in der Prozessmesstechnik

Mit den Hochleistungslasern von **eagleyard photonics** basierend auf der Ridge-Waveguide-Struktur (RWS) und mit Hilfe von diffraktiven optischen Elementen ist man in der Lage, eine Vielzahl von optischen Mustern zu erzeugen. Diese sind notwendig, um 3D-Oberflächen mit CCD Sensoren genau erfassen zu können. Aufgrund ihrer ausgezeichneten Strahlcharakteristik sind die Laser eine ideale Quelle für großflächige Messungen wie sie beispielsweise in der Automobilindustrie eingesetzt werden sowie für kontaktlose Messungen von Geschwindigkeiten aus der Distanz in verschiedenen industriellen Applikationen.

www.eagleyard.com[2]

Fremdpartikelanalyse

Die Firma **rap.ID** setzt in der Fremdpartikelanalytik Partikel-Bildanalyse-Systeme mit automatisierter Raman-Identifikation ein, kombiniert mit weiteren Verfahren, wie z.B. EDX, IR-Spektroskopie und Laser Induced Breakdown-Spektroscopy LIBS (metal.ID). Die innovativen Systeme und Dienstleistungen sind weltweit im Einsatz um Kontaminationen in Produktionsprozessen aufzuspüren. rap.ID gibt Ihnen Auskunft über Anzahl, Größe und chemische Zusammensetzung der Partikel. In enger Zusammenarbeit mit dem Kunden können Studien zur Fremdpartikeluntersuchung von Produkten durchgeführt werden um spezifische Methoden zur Routinefremdpartikelprüfung und Charakterisierung zu erarbeiten. Die Methoden können bei Bedarf nach den anspruchsvollen Standards der pharmazeutischen Industrie validiert werden.

www.rap-id.com | www.metal-id.com

Vermessung optischer Baugruppen

Gerade bei der Entwicklung neuer optischer Baugruppen ist allerhöchste Präzision gefragt. Bei der **Berliner Glas KGaA** wurden über Jahrzehnte entsprechende Kompetenzen aufgebaut. Dort werden optische Baugruppen nicht nur gefertigt sondern auch charakterisiert. Für kundenspezifische Parameter wird auch eigene Software zur Auswertung der Messdaten erstellt. Ausgewählte Messtechnologien:

- Wellenfront-Messungen
- Maß, Form- und Lagemessungen
- Winkelmessung an optischen Bauelementen
- Mikrorauheit
- Spektrale Reflexions- und Transmissionsmessung
- (Zylinderlinsen-) Zentrierung
- Abbildungsleistung
- Messtechnik Entwicklung

www.berlinerglas.com[3]

2 www.eagleyard.com/markets/industryinstruments/metrology
3 www.berlinerglas.de/entwicklungskompetenzen-im-ueberblick

5.2 Umweltanalytik

Einleitung

Wie sauber ist unser Wasser? Und 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. Einen Ausschnitt dieser Strukturen finden Sie im Folgenden

Spurenanalytik

In der Abteilung 1 der **Bundesanstalt für Materialprüfung (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 medizinischen Materialien sowie die Entwicklung geeigneter Analysenverfahren und -geräte. Einerseits werden Schadstoffe in Boden, Luft und Wasser analysiert. Andererseits werden aber zum Beispiel auch Verfahren zum analytischen Nachweis von Ethylglucuronid (EtG) in Haaren entwickelt, die als Biomarker für die Klassifizierung des Alkoholkonsums dienen. Die Umweltanalytik beschäftigt sich ebenfalls mit Antikörpern und deren analytischer Anwendung. Dafür arbeitet die BAM mit verschiedenen Firmen und Forschungsinstituten zusammen.

www.bam.de[1]

Wasseranalytik

Eine Vielzahl von Anwendungen und Produkten im Bereich der Wasseranalytik bestimmen das Portfolio der Firma **Hach Lange**. Mit einem Lumineszenz-Messverfahren wird z.B. die Zeit zwischen einem anregenden und einem zurückgestrahlten Lichtimpuls gemessen. Die Messung des sauerstoffabhängigen Intervalls macht die Methode unempfindlich für Störeinflüsse aller Art. Die jahrelange Praxis hat gezeigt, dass diese Methode Nachteile traditioneller elektrochemischer Messmethoden überwindet. Der geringe Wartungsaufwand für den Sensor hat günstige Betriebskosten zur Folge. Die langzeitstabilen Messwerte erhöhen die Prozess-Sicherheit und sparen zum Beispiel Belüftungsenergie auf kommunalen wie industriellen Kläranlagen.

www.hach-lange.de

Sauerstoffmessungen

In der Absorptionsspektroskopie ermöglichen Laser die berührungslose Messung von Sauerstoff. **eagleyard photonics** bietet dafür DFB Laser an, die die stärksten Sauerstoff-Absorptionslinien treffen. Aufgrund ihrer gegenüber anderen Lasern (z. B. 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 signifikant die Wartungskosten für Ihren Kunden senken.

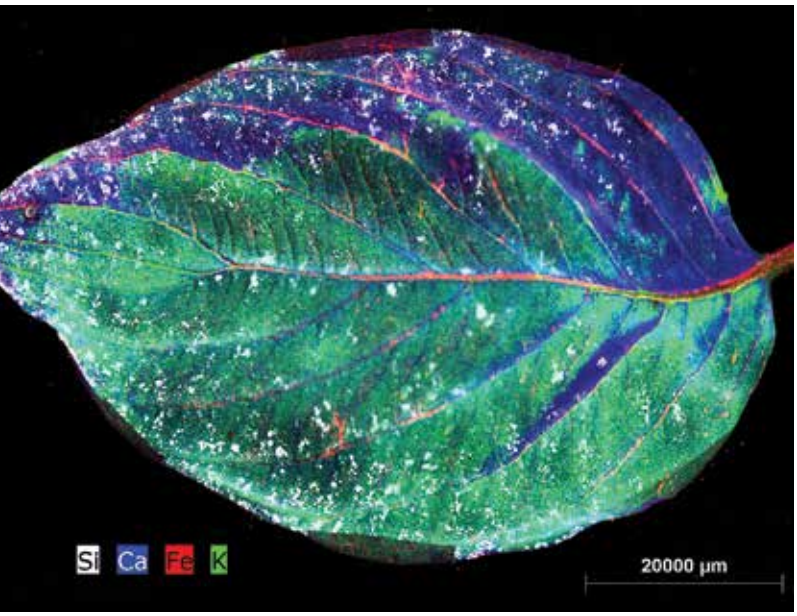
Fasergekoppelte DFB Laserdioden
© eagleyard Photonics

www.eagleyard.com[2]

Röntgenanalytik

Die Röntgenfluoreszenzanalyse (XRF) ist eine etablierte Methode, um die Konzentration einzelner Elemente in biologischen Proben zu messen. So bietet zum Beispiel die Firma **Bruker Nano** verschiedene XRF-Geräte an. Die Un-

1 www.bam.de/de/kompetenzen/fachabteilungen/abteilung_1
2 www.eagleyard.com/markets/industryinstruments/analytics



Element-Map eines Herbstblattes aufgenommen mit dem M4 TORNADO Mikro-RFA System der Firma Bruker
© Bruker Nano GmbH

tersuchungen 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. Darüber hinaus bietet Bruker als erste Firma alle gängigen röntgenanalytischen Verfahren (EDS, WDS, EBSD, Micro-XRF und Micro-CT) aus einer Hand an.

www.bruker-nano.de

Schnelldetektion von organischen Verunreinigungen

Am **Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V.** werden optische Methoden zur Schnelldetektion von organischen Verunreinigungen untersucht. Im Mittelpunkt steht dabei die Anwendung optischer Technologien zur zerstörungsfreien Erfassung von Qualitätsparametern pflanzlicher Produkte. Zu den untersuchten Methoden gehören:

- Hyperspektral-Analyse
- Chlorophyll - Fluoreszenz - Intensitätsmessungen
- Tragbare Spektralphotometer
- Raman-Spektroskopie

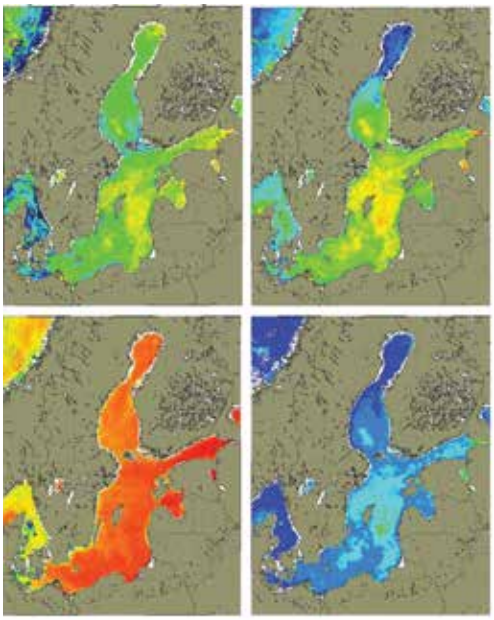
Daneben werden mit den Methoden der Durchflusszytometrie, der Fluoreszenz- und der UV-Spektroskopie Schnelltests zur Identifikation von Mikroorganismen entwickelt.

www.atb-potsdam.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 mit Hilfe von optischen Methoden.

Während an Bord von Schiffen oder im Wasser selbst dafür nicht abbildende Sensoren zum Einsatz kommen, werden auf Flugzeugen und Satelliten sogenannte abbildende Spektrometer eingesetzt, die für jeden Spektralkanal auch ein Bild über eine räumliche Abbildung liefern. Die Fernerkundung ist hierbei die einzige Technologie um die hohe räumliche und zeitliche Dynamik von Gewässern beobachten zu können. Während das am DLR entwickelte abbildende Spektrometer MOS-IRS (von 1996 bis 2005 an Bord



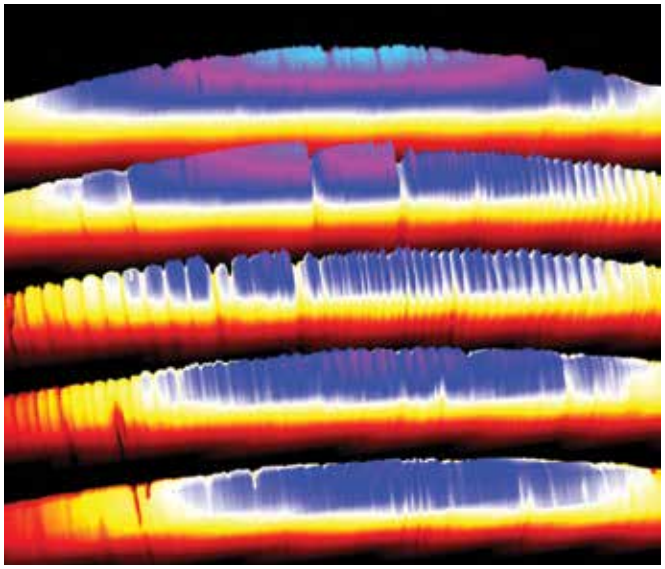
Aus MERIS-Daten abgeleitete Konzentrationen von Chlorophyll (l.o.), Schwebstoff (r.o.), Gelbstoff (l.u.) und daraus resultierende Sichttiefe in der Ostsee, 1. Juli-Dekade 2008
© DLR

des Satelliten IRS-P3) als erstes Instrument seiner Art vorwiegend für die Grundlagenentwicklung und den Machbarkeitsnachweis der quantitativen Satellitenfernerkundung diente, erfolgte mit der Verfügbarkeit des abbildenden Spektrometers MERIS an Bord des ESA-Umweltsatelliten ENVISAT 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

Plasma-Spektroskopie

Am **Leibniz-Institut für Analytische Wissenschaften - ISAS - e.V**. in Dortmund wurde ein miniaturisiertes Plasma mit flüssiger Elektrode entwickelt, welches sich im Durchflussbetrieb betreiben lässt und nur ein geringes Probenvolumen benötigt. Mit diesem System ist es möglich, in der flüssigen Elektrode gelöste Elemente mittels optischer Emissionsspektroskopie nachzuweisen. Spurenelemente in kleinsten Probenmengen lassen sich auch mit der im ISAS Berlin entwickelten hochauflösenden Absorptionsspektroskopie mit einer kontinuierlichen Plasmaquelle als Hintergrundstrahler nachweisen. Bei beiden analytischen Techniken müssen die extrem feinstrukturierten Spektren mit hoher spektraler Auflösung, Empfindlichkeit und Genauigkeit gemessen werden. Zu diesem Zweck wurde ein am im ISAS Berlin entwickelter Echelle-Spektrograph mit einem Peltiergekühlten CCD-Flächenempfänger der Firma **greateyes** gekoppelt. So konnten z.B. wichtige Plasmaparameter wie die Temperaturen unterschiedlicher Spezies oder die Elektronendichte bestimmt werden, die für die Charakterisierung und Weiterentwicklung des Plasmas notwendig sind.



Echelle-Absorptionsspektrum einer Phosphor-Oxid Probe zur Bestimmung der Phosphorkonzentration
© ISAS

www.isas.de | www.greateyes.de

Teilchen-Identifikation

Im Projekt „Photonendichtewellen (PDW)-Spektroskopie“ entwickelt **innoFSPEC Potsdam** eine einzigartige faseroptische Methode zur Analytik von z.B. Teilchengrößen in stark lichtstreuenden, opaken Materialien. In enger Kooperation mit Forschungs- und Industriepartnern findet die PDW-Technologie Einsatz in den Bereichen Lebensmittel- und Polymerchemie, Nanotechnologie und Biomedizin. 2014 wurde die Technologie mit dem Bunsen-Kirchhoff-Preis der GDCh ausgezeichnet, daneben haben junge Wissenschaftler das Spin-off **PDW Analytics** zur Verwertung der Technologie gegründet.

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

Einen etwas generelleren Ansatz zur Partikelidentifikation verfolgt die Firma **rap.ID**. Mit ihrer Technologie werden Fremdpartikel aus Parenteralia oder Injektabilia identifiziert, das Material von Partikeln in Implantaten festgestellt, oder Untersuchungen zur technischen Sauberkeit durchgeführt.

Dafür werden die Partikel hauptsächlich über eine Membranfiltration isoliert. Mit speziellen, auf die Materialcharakterisierung von Mikrometer-Partikeln optimierten Methoden (FT-IR, REM-EDX, Raman und LIBS Spektroskopie) lassen sich dann fast alle Materialien identifizieren. Eine lückenlose mikroskopische Dokumentation der Partikel ist dabei eingeschlossen.

www.rap-id.com | www.particle-identification.com

5.3 Bioanalytik

Einleitung

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 sind die Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC) mit UV- oder Fluoreszenzdetektoren sowie die Raman-Spektroskopie. In Berlin und Brandenburg hat sich eine industrienahe und industrielle Infrastruktur entwickelt, in der Technologien über die Analytik biologischer Verbindungen hinaus verfügbar sind. Probleme wie die Hautkrebsdiagnostik zeigen, wie Methoden der biologischen Diagnostik Fortschritte in der klinischen Diagnostik bewirken können.

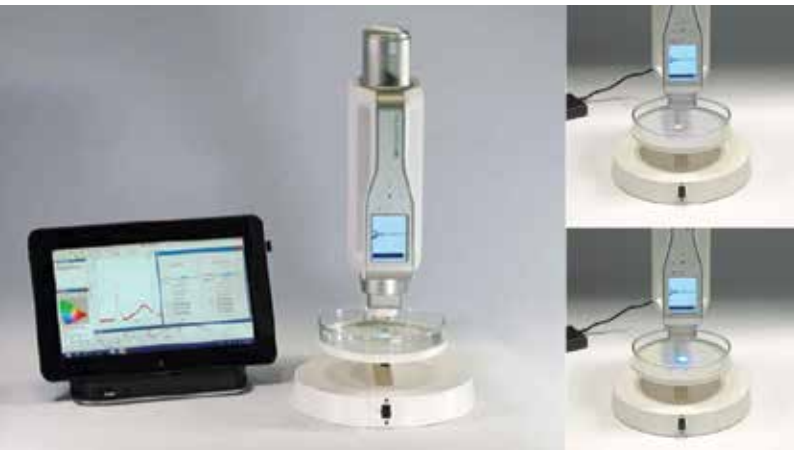
Fluoreszenz- und Raman-Spektroskopie

Am **Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration (IZM)** wird mobile Analysetechnik entwickelt. Der RF-KombiSCAN ist in der Lage, durch unterschiedliche Bestrahlungswellenlängen unterschiedliche Stoffe nicht nur in ihrer Menge zu erfassen, sondern auch bezüglich ihrer Zusammensetzung zu bestimmen. In diesem neuartigen, tragbaren, optischen Handmessgerätes wird das Messverfahren durch die Integration von Fluoreszenz- und Raman-Spektroskopie stark vereinfacht und beschleunigt. Der mobile Scanner kann sowohl als Laborforschungsgerät als auch in der industriellen Anwendung eingesetzt werden. Die technische Innovation und Mobilität des RF-KombiSCAN ist derzeit einzigartig und könnte auch in anderen Bereichen Anwendung finden. So zum Beispiel in der Lebensmittelüberwachung, bei medizinische Anwendungen, polizeiliche Untersuchungen, Grenzschutzmaßnahmen, Forensik und letztlich auch in der anorganischen Materialanalyse.

www.izm.fraunhofer.de

Am **Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik (FBH)** werden Laserstrahlquellen für die Raman-Spektroskopie entwickelt. Dazu gehören Diodenlaser, die aus einem Chip Licht mit zwei Wellenlängen im festen Abstand von etwa 0,5 nm emittieren. Dadurch eigenen sie sich ideal für die „Shifted Excitation Raman Difference Spectroscopy (SERDS)“. Mithilfe von SERDS lassen sich die Raman-Signale vom störenden Hintergrund wie Fluoreszenz oder Umgebungslicht klar trennen. In Verbindung mit Mikrooptiken erlauben die Laser geringe Baugrößen, eine Voraussetzung für mobile Anwendungen. Das FBH nutzt diese Technologie unter anderem, um Strahlquellen für die in-situ Raman Diagnostik in Point-of-Care Anwendungen sowie für Untersuchungen in der Geologie oder von extraterrestrischen Proben zu entwickeln.

www.fbh-berlin.com



RF-KombiSCAN als Laborgerät
© Fraunhofer IZM

Miniaturisiertes Zwei-Wellenlängen Diodenlaser-Modul für die Raman-Spektroskopie
© FBH/Schurian

Bildgebende Raman-Spektroskopie

Bildgebende Raman-Spektrometer sind Vielkanal- („Multiplex-“) Geräte, die als Industrieprodukte noch nicht erhältlich sind. Wegen der extrem hohen Ansprüche an moderne Großteleskope existieren bildgebende Multiplex-Spektrographen in der Astrophysik schon seit etwa 25 Jahren. Im Verbundprojekt RIA zwischen der **Laser- und Medizin-Technologie Berlin (LMTB)**, dem **Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam (AIP)** sowie den Firmen **Berliner Glas** und **eagleyard photonics** wird ein solches Vielkanal-Raman-Spektroskopie-System entwickelt.

Als Pilotapplikationen werden für dieses Projekt folgende Einsatzgebiete adressiert:

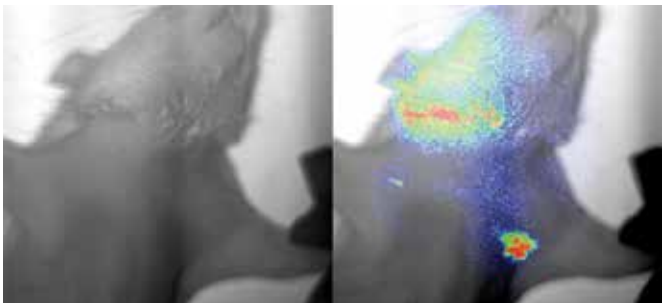
- Analytik in Mikrotiterplatten: Endpunkt und Kinetik in Mikrotiterplatten.
- Prozessanalytik / Recycling: Identifizierung von Stoffen und deren Umwandlung im Prozess.
- Sicherheit: Identifizierung von Substanzen und Flüssigkeiten bei der Zugangskontrolle z.B. an Flughäfen.

www.lmtb.de | www.aip.de

www.berlinerglas.com | www.eagleyard.com

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 **greateyes** eine besonders im nahen Infrarot empfindliche Kamera an. Anwendung findet das Fluoreszenz in vivo Imaging zum Beispiel bei der Detektion von Krebszellen in Lymphknoten. Im unten gezeigten Beispiel wurde der Farbstoff intravenös in Ratten appliziert und reichert sich im Lymphknoten Gewebe an. Die Detektion der schwachen Fluoreszenz, die das Gewebe durchdringt, erfordert eine hochempfindliche Kamera und die Zuhilfenahme eines speziellen Filters.



Streulicht-Aufnahme einer Ratte (links) und Farbstoff-Fluoreszenz im Lymphknoten Tumor (rechts) aufgenommen mit der Kamera GE 1024 1024 DD NIR von greateyes
© greateyes GmbH

www.greateyes.de

Zeitaufgelöste optische Mikroskopie

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 Auflösung bei einer Messdauer von 10 µs.

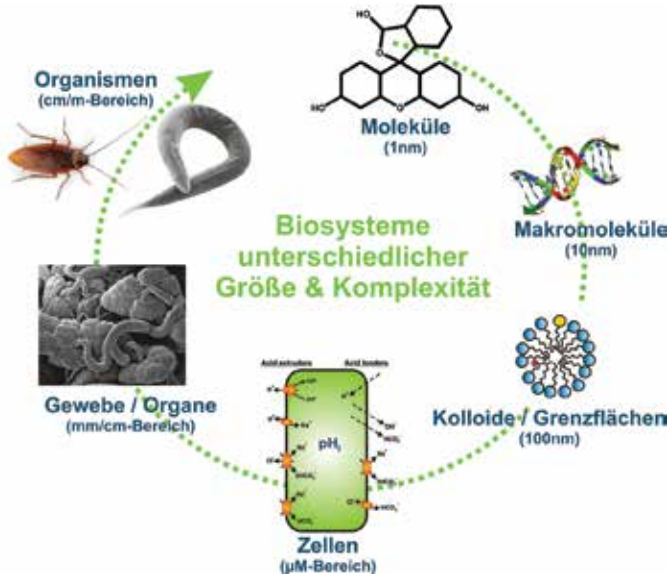
Diese Techniken sprengen bisherige Grenzen in Präzision, Parallelisierung und Geschwindigkeit und haben ein besonders hohes Anwendungspotenzial in Industrieprojekten. Dies betrifft insbesondere Anwendungen in der pharmazeutischen Wirkstoffforschung und zellbasierten Diagnostik.

Damit kann z.B. 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 Mikroskopie-Verfahren zu durchbrechen.

www.bioenergetik.tu-berlin.de

Angewandte Lasersensorik in komplexen Biosystemen (ALS ComBi)

Die Nachwuchsgruppe **ALS ComBi** am Lehrstuhl für Physikalische Chemie der **Universität Potsdam** entwickelt und optimiert lasersensorische Messtechniken für Anwendungen in den Lebenswissenschaften. Es sollen so Funktionen und Zusammenhänge in unterschiedlich komplexen Biosystemen besser verstanden werden, die hierbei von Bio-



Hierarchie komplexer Biosysteme auf der Größenskala von Nano- bis Zentimeter
© Uni Potsdam

molekülen in vitro und einzelnen Zellen bis hin zu gesamten Organen und Organismen reichen. Die Herausforderung liegt also darin, Messsysteme für Zielstrukturen unterschiedlicher Größen- und Komplexitätsstufen zu etablieren. Die zentrale infrastrukturelle Entwicklung ist ein Mikroskopie-Applikationslabor als Innovationsumgebung. Hier können zum Beispiel Multiplexing-Konzepte mittels räumlicher, spektraler oder zeit-aufgelöster Separation (1P/2P-Anregnung, FLIM/PLIM) und Spielarten der Einzelmolekülspektroskopie (FCS) Informationen zur räumlich-zeitlichen Interaktion zellulärer Parameter liefern. Für Zell-Manipulationen kann die Fluoreszenzmikroskopie mit nanofluidischer Rasterkraftmikroskopie (FluidFM) kombiniert werden, wodurch lokal fL-Volumina hoch-präzise appliziert werden können. Für Untersuchungen auf subzellulärem Level sind beugungs-unbegrenzte Mikroskopietechniken (easy-STED, STORM) mit einer räumlichen Auflösung kleiner 40 nm etabliert. Weiterhin beschäftigt sich ALS ComBi mit der Entwicklung faseroptischer Biosensoren, die auf eingeschriebenen Faser-Bragg-Gittern basieren. Diese Biosensoren erlauben die markierungsfreie Detektion von Analyten in kleinsten Volumina ohne aufwendige Probenvorbereitung mit hoher Empfindlichkeit sowie der Möglichkeit des Multiplexings.

www.uni-potsdam.de/en/alscombi

Nicht-invasive medizinisch-optische Bildgebung

Die zunehmende Relevanz altersbedingter Krankheiten wie Krebs, kardiovaskuläre oder neurode-generative Krankheiten erfordert neue Ansätze und verbesserte Methoden für die medizinische Diagnose und Therapie. Um möglichst frühzeitig präzise und individualisierte Therapieentscheidungen treffen zu können, werden insbesondere quantitative differential-diagnostische Methoden zur genaueren und zuverlässigen Bestimmung krankheitsspezifischer Parameter benötigt. Optisch gestützte Mess- und Bildgebungsverfahren leisten hierzu wertvolle Beiträgen.

Nicht-invasive Messverfahren für die medizinische Diagnostik und Therapiekontrolle
© PTB

Im Fachbereich „Biomedizinische Optik“ der PTB werden entsprechende Verfahren entwickelt, untersucht und zusammen mit klinischen Partnern erprobt. Für die Metrologie in der Labordiagnostik werden durchflusszytometrische und mikroskopische Messverfahren sowie Verfahren zur quantitativen Nukleinsäurediagnostik von Zellen und (Bio-)Molekülen untersucht. Ziel ist u.a. die Entwicklung von Referenzmessverfahren sowie die Bestimmung von Referenzmesswerten für die gesetzlich vorgeschriebene Qualitätssicherung laboratoriumsmedizinischer Untersuchungen. Daneben werden für die nichtinvasive quantitative Bestimmung wichtiger Biomarker (z.B. Hämoglobinkonzentration, Sauerstoffsättigung) im Gewebe sowie zur in vivo Darstellung krankheitsbeding-

OneK+ Eye Tracker
© CHRONOS VISION

ter molekularer Veränderungen mit Hilfe fluoreszenzmarkierter Sonden optisch-spektroskopische Mess- und Bildgebungsverfahren entwickelt und untersucht.

www.ptp.de[1]

Ophthalmologie

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**. In der refraktiven Chirurgie (z. B. Lasik-Verfahren) werden präzise Echtzeitmessungen der Augenposition benötigt. Während der Laser-Operation 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. Als OEM Hersteller liefert CHRONOS VISION den OneK+ Eye Tracker für Echtzeit Tracking von über 1000 Hz und bietet dabei eine hohe Messfrequenz und extrem niedrige Latenzzeit.

www.chronos-vision.de[2]

Mobile Lebensmittelanalytik

JTL-BioTec.Analytics entwickelt und fertigt innovative Instrumente zur Milchanalyse. Mit ihren NIR-Spektrometern lassen sich unter anderem der Fettgehalt, Natriumgehalt und Mastitisdiagnose in Rohmilch im Prozess bestimmen. Darüber hinaus bieten Sie auch automatische Gefrierpunkt-Osmometer zur Bestimmung der Osmolalität an.

www.biotec-analytics.de

Automatisiertes Probenhandling

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 von **pi4_robotics** vereint das Roboter-basiertes Flüssigkeitshandling mit einer automatisierten Bildaufnahme biologischer

Laborgerät CytoFa
© pi4_robotics GmbH

Proben in einem kompakten Laborgerät. CytoFa beherbergt ein motorisiertes Mikroskop mit hochauflösender Kamera und einen 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. Die Visualisierung und Speicherung der Mikroskop-Bilder kann manuell oder vollautomatisch in verschiedenen Ebenen (z-Stapel) erfolgen. 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

1 www.ptb.de/cms/de/ptb/fachabteilungen/abt8/fb-83.html
2 www.chronos-vision.de/medical-engineering-uebersicht.html

5.4 Dünnschichtanalytik

Einleitung

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.

Reflektometrie an großen Proben

Das Produktportfolio von **BESTEC** enthält unter anderem Messsysteme für light-in / light-out Techniken im Energiebereich von UV bis zu weicher Röntgenstrahlung, beispielsweise für Reflektometrie, Ellipsometrie oder Ramanspektroskopie. Sie sind geeignet für Anwendungen, wie die Vermessung von großen Oberflächen in der Optikindustrie, für die Grundlagenforschung an Quellen des XFEL oder für die Materialforschung an Synchrotron Strahlungsquellen.Alle Bestec-Systeme zeichnen sich durch präzise in-Vakuum-Manipulatoren für Probe und Detektor aus, welche hochreproduzierbare Bewegungen in mehreren Freiheitsgraden über weite Bereiche ermöglichen. Ihr robustes, schmiermittelfreies Design, bei dem besonders auf Partikelfreiheit geachtet wurde, garantiert einen sicheren und zuverlässigen Betrieb. Vollautomatisierte sowie auf Detektorart und Probengröße zugeschnittene Varianten sind auf Kundenwunsch realisierbar.

www.bestec.de

Spektroskopische Ellipsometrie

SENTECH Instruments mit Sitz im Technologiepark Adlershof bietet eine breite Auswahl von Reflektometern sowie Laser- und spektroskopischen Ellipsometern in seinem Produktportfolio mit innovativer Dünnschichtmesstechnik. SENTECH entwickelt kontinuierlich neue Applikationen. Die Messung der Müller Matrix ist jetzt mit der einer 2C-Option für die spektroskopischen Ellipsometer SENresearch realisiert. Das erlaubt die Messung der gesamten 16 Müller Matrix Elemente mit einer Genauigkeit von +/- 0.005. Diese Option erweitert den Anwendungsbereich der SENresearch Ellipsometer insbesondere um anisotrope, depolarisierende sowie strukturierte Proben. Weiterhin ermöglicht dieses innovative Ellipsometer die genaue Bestimmung von Brechungsindex, Absorption und Schichtdicke durch die Anwendung des Step Scan Analyzer (SSA) Prinzips. Ein motorisiertes Goniometer erlaubt die unabhängige Bewegung von Sender- und Empfängerarm, wodurch auch winkelabhängige Streumessungen zur Analyse von periodischen Strukturen durchgeführt werden können.

www.sentech.com

Reflektometer für große Proben und Untersuchung mit monochromatischem Licht im Wellenlängenbereich von 10 nm – 20 nm
© BESTEC GmbH

Spektroskopisches Ellipsometer SENresearch 4.0
© SENTECH Instruments GmbH

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, z.B. funktionale 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[1]

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 (z.B. Spiegel) oder die Entspiegelungen von optischen Oberflächen (z.B. Linsen, Objektive, Prismen, Displays, Platten und OLED´s). 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- u. 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.

www.lla-instruments.com

Infrarot-Thermografie

Bei der Herstellung von Solarmodulen wird die Temperaturverteilung auf den Wafern während des Stringlötens erfasst. Das gewährleistet einen zuverlässigen und effizienten Fügeprozess. Die Löttemperatur-Erfassung erfolgt auf der Siliziumoberfläche, die an die Lötstelle angrenzt. So lässt sich direkt auf die Güte der Homogenität der Lötung schließen. Die Herausforderungen bei der Überwachung der Lötverfahren liegen zum einen in einer hinreichenden örtlichen Auflösung, zum anderen in der zeitlichen Auflösung, da die Erwärmung der Lötstellen in unter einer Sekunde erfolgen kann. Als geeignetes Messgerät hat sich dabei die optris PI160 IR-Kamera der **optris GmbH** mit einer Detektorauflösungvon 160x120 Pixel sowie einer Messwiederholrate von 120 Hz über das gesamte Bild etabliert. Die berührungslos messende Infrarot-Thermografie ist auch ein unverzichtbares Instrument für die Funktionskontrolle von Solarzellen. Eine Möglichkeit der Funktionsprüfung ist die periodisch modulierte Belichtung von Solarzellen bei gleichzeitiger Observation mit einer Wärmebildkamera, die Illuminated Lock-In Thermography.

www.optris.de[2]

Optische Messung als Dienstleistung

Der **Optotransmitter-Umweltschutz-Technologie e.V. (OUT e.V.)** bietet optische Messungen an ebenen Schichten und Oberflächen als technische Dienstleistung an. Dazu gehören wellenlängenabhängige Transmissions-, Absorptions- und Reflektionsmessungen von 0,2 µm bis 1,25 mm (Terahertz) sowie die Bestimmung der optischen Konstanten n(λ), k(λ). Daneben bietet der OUT eV. eine Vielzahl lichttechnischer Messungen an LED und kleinen Strahlungsquellen an:

- Lichtstrom (Lumen), Strahlungsleistung (W)
- Lichtstärke (Candela) und Strahlstärke (W/sr)

1 www.isas.de/index.php/institut/abteilungen/grenzflaechenanalytik/in-situ-spektroskopie
2 www.optris.de/temperaturmessung-solarindustrie

- Abstrahlwinkel; Abstrahlcharakteristik
- Lichtstärkeverteilungskörper LVK
- Farbtemperaturverteilungskörpers
- Farbwiedergabeindex (CRI, Ra, ...)
- Farbtemperatur CRT
- Farbkoordinaten x/y (CIE1931) oder Luv (CIE1976)
- Spektral aufgelöste Messung der bidirektionale Streu-funktion von festen Oberflächen
- Reflektions-Spektrogramme für Azimut und Elongation – 90° bis 90° für 193 bis 1600 nm

www.out-ev.de

Röntgenfluoreszenz am Rasterelektronen-mikroskop

Ein neues wellenlängendispersives Röntgenspektro-meter (WDS) für die Rasterelektronenmikroskopie (SEM) wurde am **Institut für Nanometer-Optik und Technologie am Helmholtz-Zentrum Berlin** in Zusammenarbeit mit **IfG - Institute for Scientific Instruments** und dem **Institut für angewandte Photonik e. V.** in Adlershof entwickelt. Dieses Spektrometer kann mit einer Anordnung von 17 Reflektions-zonenplatten einen Energiebereich von 50 eV bis 1120 eV abdecken. Damit wurden Röntgenemissionsspektren von leichten Elementen im weichen Röntgenbereich gemessen.

Den Geheimnissen von Kunstwerken auf der Spur

Mit dem M6 JETSTREAM Micro-XRF Scanner von Bruker

Die Mikroröntgenfluoreszenzanalyse (Mikro-RFA) hat sich als wertvolles Werkzeug in der Archäometrie und Restauration erwiesen. Diese Technik hilft uns, künstlerische Prozesse besser zu verstehen, verdeckte Werke zu entdecken und unterstützt Restauratoren dabei bedeutende Kunst-werke zu bewahren.

Als Pentimenti (Italienisch, Mehrzahl von “Reue”) bezeichnet man die Spuren von Korrekturen in Grafiken und Gemälden. Üblicherweise wer-den die übermalten Farbschichten mit UV-Licht oder Röntgendurchstrah-lung sichtbar gemacht. Die Mikro-RFA bietet jedoch eine ganze Band-breite an zusätzlichen Informationen: die Möglichkeit Elementanalysen durchzuführen erlaubt nicht nur die Originale unter geänderten Bereichen zu sehen, sondern auch die Zusammensetzung aller verwendeten anor-ganischen Pigmente zu bestimmen. Das Wissen über Pigmente, die in einer bestimmten Zeit genutzt wurden, gibt Aufschluss über solche, die in den übermalten Bereichen von Kunstwerken genutzt wurden.

Ein beeindruckendes Beispiel wurde Bruker Nano von Prof. Koen Jans-sens, Professor für Analytische Chemie und Dr. Geert van der Snickt von der Universität Antwerpen (Belgien) zur Verfügung gestellt. Es zeigt die Analyse des rechten Flügels eines Triptychons, das von Hans Memling für die einflussreiche Familie Moreel aus Brügge 1484 angefertigt wurde. Frau Moreel kniet hier neben der heiligen Barbara. Hinter ihr befinden sich 11 ihrer Töchter. Die Analyse der oberen Hälfte des rechten Flügels mit dem Bruker M6 JETSTREAM Spektrometer führte zu einer Reihe von bemerkenswerten Entdeckungen.

Die Abbildung rechts zeigt ein Element-Map der oberen Hälfte des rech-ten Triptychon-Flügels. Zu sehen ist die Überlagerung von Kupfer (grün), Quecksilber (rot) und der Streustrahlung (weiß). Die Verteilung von Kup-fer zeigt, dass die Originalversion des Gemäldes nur vier ihrer Töchter enthielt. Die anderen wurden offensichtlich später hinzugefügt und über die Landschaft im Hintergrund gemalt.

Auch wurden Korrekturen an der Kleidung von Frau Moreel und ihrer ält-esten Tochter vorgenommen. Diese Informationen können dem Streu-strahlungsbild entnommen werden, da dort das Dekolleté von Mutter und Tochter dunkler erscheint. Für St. Barbaras Kleid wurde ein quecksilberfreies Rot genutzt. Das Zinnoberrot (enthält Quecksilber daher rot dargestellt), das auf ihrem linken Arm und Mieder zum Einsatz kam, wurde wahrscheinlich später während Restaurierungsarbeiten hinzugefügt.

Das Bruker Mikro-RFA-Spektrometer M6 JETSTREAM vor dem rechten Flügel des Moreel-Triptychons.
© University of Antwerp, Belgium

In einer Version mit 200 Reflektionszonenplatten wurde es als Multi-Kanal-Analysator für quasi-kontinuierliche Spektren-Messungen im Energiebereich von 100–1000 eV verwendet. Die erwartete Energieauflösung in der Größenordnung von E /ΔE ~ 100 wurde im gesamten Energiebereich erreicht.

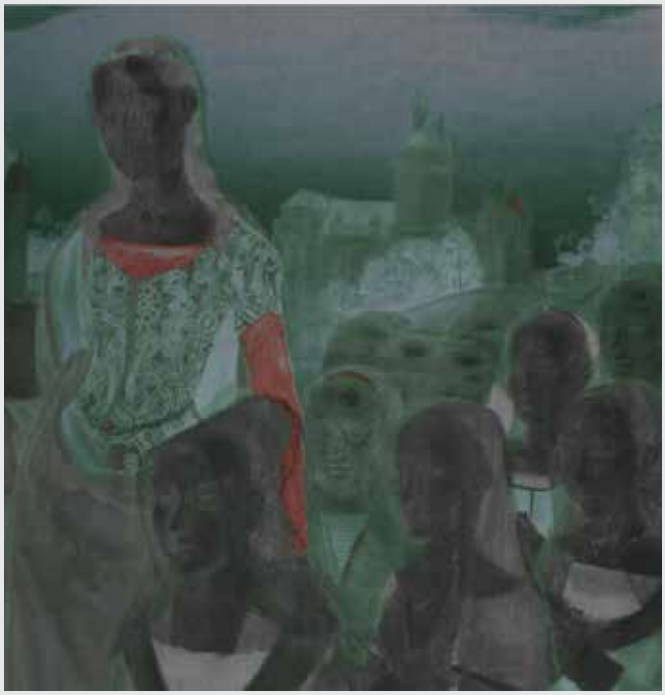
www.helmholtz-berlin.de[3]

www.ifg-adlershof.de | www.iap-adlershof.de

3 www.helmholtz-berlin.de/forschung/oe/fg/nanometeroptik

Neue Röntgenanalytische Methoden

Für die Untersuchung von nano-strukturierten Materialien wie Solarzellen ist eine Tiefenauflösung im Nanometerbereich nötig. In der **Arbeitsgruppe „Analytische Röntgenspektroskopie“ an der TU Berlin** (Prof. B. Kanngiesser) werden zu diesem Zweck neue synchrotronbasierte Technologien wie zum Beispiel referenzfreie grazing incidence XRF (GIXRF) und near edge X-ray absorption spectroscopy (NEXAFS) in enger Kooperation



Links: Obere Hälfte des rechten Flügels des Moreel Triptychons.
Rechts: Das Bild der Elementkombinationen zeigt die Verteilung von Kupfer (grün), Quecksilber (rot) und der gesamten Streustrahlungsintensität (je mehr Röntgenstrahlung gestreut wird, desto heller erscheint das Areal).
© University of Antwerp, Belgium

X Link®: Cross-linking Kontrolle in einem Wimpernschlag
© LayTec GmbH

mit der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) am Elektronenspeicherring BESSY II entwickelt.

www.axp.tu-berlin.de

Messtechnik für Dünnschichtprozesse

Messgeräte der Firma **LayTec** liefern Echtzeitinformationen über die Technologie-Parameter von Beschichtungsprozessen – entweder in-situ während des Prozesses oder in-line während des Substrattransfers zwischen den Beschichtungsschritten. Zu den Technologien, die von der LayTec-Messtechnik genutzt werden gehören:

- Reflektometrie mit mehreren Wellenlängen
- Reflektivität- und Transmissionsmessung
- Infrarot und UV Pyrometrie
- Deflektometrie
- Photolumineszenzmessung
- Wirbelstrommessung
- Reflektions-Anisotropie-Spectroscopie (RAS)
- Cross-linking degree control

LayTec bietet diese Messtechnik nicht nur für die Fertigung von Halbleitern, Solarzellen, sowie elektronischen und optoelektronischen Bauelementen an, sondern auch für anspruchsvolle Forschungsprojekte.

www.laytec.de

Zertifizierte Prüfung von Schichtsystemen und Oberflächen

Der **Fachbereich 6.7 „Oberflächenmodifizierung und –messtechnik“ der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM)** befasst sich mit der Untersuchung von dünnen Schichten und funktionellen Oberflächen wie Hartstoffschichten (z.B. Verschleißschutz), optischen Schichtsystemen (z.B. UV-Schutz) oder metallischen Überzügen (z.B. Korrosionsschutz oder als elektro-magnetische 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.

Je nach Schichtdicke und Material können verschiedene zerstörungsfreie und zerstörende Verfahren angewandt werden, deren Anwendungsbereiche sich teilweise ergänzen und überschneiden:

- Spektrale Ellipsometrie (SE)
- Röntgenfluoreszenz-Spektrometrie (XRF)
- Röntgenreflektometrie (XRR)
- Lichtmikroskopie / Metallographie
- Wirbelstrom-/Magnetfeld-Messung
- Weißlicht-Interferometrie (WLIM)
- Rastersondentopometrie (AFM)
- Streifenlichtprojektion (FP)
- Lichtmikroskopie / Metallographie
- Mechanische Profilometrie (Tastschnitt)
- Lasteindringverfahren (IIT)
- Mikrohärte-Messung nach Vickers / Knoop
- FTIR-Spektroskopie / Imaging (FTIR)
- Röntgenfluoreszenz-Spektrometrie (XRF)
- Röntgendiffraktometrie (XRD, GIXD)
- Spektrale Ellipsometrie (SE)
- Farbmessung
- Tensiometrie: Plattenmethode, Tropfenmethode
- Zentrifugen-Haftprüfung
- Ritz-Test
- Schältest

www.bam.de[4]

4 www.bam.de/de/kompetenzen/fachabteilungen/abteilung_6/fb67/index.htm

Die Turbulenzen des Photovoltaik-Marktes überstehen

Interview mit Dr. Albrecht Krüger, SENTECH Instruments

SENTECH hat seinen Hauptmarkt bei Forschung und Entwicklung mit dem Schwerpunkt Dünnschichtanalytik. Wie entwickelt sich der Bereich international?

Nach der weltweit gesunkenen Nachfrage nach Messtechnik für die Photovoltaik hat sich der Markt der Dünnschichtanalytik wieder stabilisiert. Um neues Wachstumspotential zu generieren sucht SENTECH auch nach anderen Anwendungsfeldern. Beispielsweise nutzt SENTECH die hohe Geschwindigkeit und das gute Rauschverhalten von Ellipsometern für inline und in situ Applikationen. Bei der in situ Anwendung greifen Synergieeffekte zwischen der Dünnschichtmesstechnik und der Plasmaprozesstechnologie – unserem zweiten Geschäftsfeld. Bestes Beispiel: das neueste Produkt, der ALD Real Time Monitor, detektiert das zyklische Schichtwachstum der Atomlagenabscheidung in Echtzeit an SENTECH ALD Reaktoren.

Im Photovoltaik-Markt sind durch die Absatzkrise viele Investitionen weggefallen. Dieser Markt war für SENTECH sehr wichtig - wie schätzen Sie die aktuelle und zukünftige Marktsituation ein?

SENTECH hat sich auf dem Photovoltaik-Markt gut positionieren können und gilt mit dem Laser Ellipsometer SE 400 PV weltweit als Standard für die Vermessung von Einzelantireflexschichten. Mit Investitionen verbundene Neukäufe sind in der Tat selten. Den Trend und die neue Chance sehen wir in der Weiterentwicklung von Solarzellen durch die Anwendung komplexer Mehrschichtsystemen für Passivierung und Entspiegelung. Hierfür bietet SENTECH spektroskopische Ellipsometer an. Nach bisherigen Verkäufen an Forschungseinrichtungen kommen diese Geräte nun vermehrt bei Zellenherstellern in Taiwan zum Einsatz, was wir als Hinweis eines wieder wachsenden PV Marktes in Asien ansehen.

Gibt es Kooperationen Ihres Unternehmens mit der Berliner Branche und welche Vorteile hat für Sie der Standort Berlin?

SENTECH profitiert in vielerlei Hinsicht von dem Standort Adlershof, denn er ermöglicht intensive Kooperationen mit Universitäten, Hochschulen und Forschungseinrichtungen in der Umgebung Berlins. Mit dem Ferdinand Braun Institut als Kompetenzzentrum für III/V-Halbleitertechnologie arbeitet SENTECH beispielsweise eng in den Bereichen Mikrowellentechnik und Optoelektronik zusammen. Die Fraunhofer Institute im Großraum Berlin sind stets gute Partner für die Weiterentwicklung von Applikationen. Die Zahl an erfolgreichen Kooperationen, die ebenfalls zu neuen Produkten führen, macht die Attraktivität des Standorts Berlin für uns aus.

An welchen neuen Projekten arbeiten Sie im Moment im Bereich Forschung und Entwicklung?

Projekte sind für SENTECH aus verschiedenen Gründen wichtig. Im Vordergrund steht die Weiterentwicklung des Applikationsspektrums oder der Produktpalette. So unterstützen geförderte Projekte unsere Entwicklungsziele. Um im Photovoltaik-Markt von Morgen unsere gute Position auszubauen, sind wir z.B. an der Weiterentwicklung der Passivierungs- und Antireflexschichten von Solarzellen beteiligt.
Neben der Messung an stark streuenden Proben für die Photovoltaik, setzt SENTECH auf Entwicklungen in der Mikro- und Nanostrukturierung. Regelmäßige Strukturen können in ihren 3D-Abmessungen mittels Streumessungen charakterisiert werden. Bei dieser Technologieentwicklung wird SENTECH zusammen mit seinen Partnern durch Fördermaßnahmen unterstützt. Projekte und Kooperationen haben für SENTECH einen hohen Stellenwert, weil sie uns anwendungsnahe Entwicklung ermöglichen und Innovation fördern.

Dr. Albrecht Krüger
SENTECH Instruments GmbH
Schwarzschildstraße 2
12489 Berlin
E-Mail: info@sentech.de
www.sentech.com

Dr. Albrecht Krüger studierte und promovierte im Fachbereich Physik an der Martin-Luther-Universität Halle. Im September 1990 gründete er gemeinsam mit Dr. Helmut Witek das Unternehmen SENTECH Instruments in Berlin, deren Kernkompetenz die Entwicklung, Fertigung und der Vertrieb von Dünnschichtmesstechnik und Plasmaprozesstechnologie ist.

Nanotribologie und Nanostrukturierung von Oberflächen

Analyseverfahren zur Tribologie, Mechanik, Elektrik und Optik auf der Sub-Mikrometerskala sind das Spezialgebiet des Fachbereichs 6.9 **„Nanotribologie und Nanostrukturierung von Oberflächen“ der BAM**. Eines der Forschungsthemen sind die Struktur-Eigenschaftsbeziehungen 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[5]

Optische Beschichtungen

Beschichtungen auf unterschiedlichsten Substraten und für Wellenlängen vom DUV bis in den IR Bereich bietet die **Berliner Glas Gruppe**. Langjährige Erfahrung mit verschiedensten Beschichtungsarten ermöglichen es dem Entwicklerteam bestmögliche Lösungen vom Schichtdesign bis zur Serienfertigung zu finden. Zu den kundenspezifischen Entwicklungs- und Beschichtungaufgaben gehören:

- Antireflexschichten (V-Coat; Breitband)
- Polarisierende und nicht-polarisierende Strahlteiler
- Schmalbandfilter und Kantenfilter
- Laserschichten (HR; AR) mit hoher Zerstörschwelle
- Transparente und elektrisch leitende Schichten (ITO)
- Chrom- und Schwarzchrom-Schichten
- Verschleißschutz-, bond- und lötbare Schichten

www.berlinerglas.com

In langer Tradition werden auch im **Beschichtungslabor** des **Instituts für Optik und Atomare Physik** der **TU Berlin** optische Beschichtungen von Lichtleiterfasern, Gläsern, Kristallen, Wafern und anderen Substraten hergestellt. Oxide, Metalle und Polymere werden durch ionengestütztes Elektronenstrahlverdampfen, thermisches Verdampfen, Magnetron-Sputtern oder Dip Coating aufgebracht. Angepasste Schichtsysteme finden Anwendung als Laserspiegel, schmalbandige Fabry-Pérot Filter oder dienen zur Entspiegelung von Grenzflächen. Einen besonderen Schwerpunkt bilden die Beschichtung und Präparation von Glasfaser-Endflächen sowie von wärmeempfindlichen Kunststoffen. Das Beschichtungslabor zeichnet sich durch hohe Flexibilität aus und ist ein hervorragender FuE-Partner für die Prototypen- und Kleinserienfertigung.

www.ioap.tu-berlin.de[6]

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.

www.pvcomb.de

5 www.bam.de/en/kompetenzen/fachabteilungen/abteilung_6/fb66/index.htm
6 www.ioap.tu-berlin.de/menue/arbeitsgruppen/ag_wo/beschichtungslaborosimsp

5.5 Sicherheitstechnik

Einleitung

Die Anforderungen an moderne Sicherheitstechnik sind groß und sie ändern sich ständig: Einerseits müssen in einer großen Zahl von Standardfällen einzelne Abweichungen sicher erkannt werden (z.B. Gepäckkontrolle), andererseits sollen im Katastrophenfall große Datenmengen schnell verarbeitet und aufbereitet werden. In anderen Fällen müssen mit möglichst geringen Kosten leicht verifizierbare und schwer reproduzierbare Sicherheitsmerkmale zum Beispiel für Geldscheine entwickelt werden. Die Lösung dieser komplexen Fragestellungen erfordert eine höchstentwickelte Infrastruktur von Forschung und Entwicklung um kundenspezifische Produkte und Dienstleistungen mit hoher Verlässlichkeit anbieten zu können. Berlin und Brandenburg bietet eine enge Kooperation von Instituten und Firmen, um genau solche Lösungen auf höchstem technischen Niveau zu entwickeln.

Sensorik für Gepäckkontrollen

Gepäckkontrolle ausgestattet mit Sensoren der First Sensor AG
© First Sensor AG

Licht verschiedenster Wellenlängen wird eingesetzt um beispielsweise Gefahrenbereiche zu überwachen oder Gepäckstücke zu durchleuchten. Die First Sensor AG bietet hier optimierte Sensorlösungen, die mit höchster Empfindlichkeit sichtbares und infrarotes Licht oder Röntgenstrahlen und ionisierende Strahlung (Radioaktivität) detektieren können, z.B. Fotodiodenarrays für zerstörungsfreie Röntgenanalyse und -inspektion. Diese Fotodiodenzeilen sind optimiert für die ausschließliche Detektion von Röntgenstrahlung durch Szintillatorlumineszenz im blauen bis grünen Spektralbereich. Durch die minimalen Randabstände der Photodiodenelemente eignen sich die Arrays für eine nahtlose lineare Anordnung mehrerer Bauteile bei konstantem Fotodiodenraster.

www.first-sensor.com

Sensorik für Containerkontrollen

Der neue FumiDetec - 200 ist ein im **IUT Institut für Umwelttechnologien** entwickelter mobiler Multigas/Multisensor-Detektor zum hochempfindlichen Nachweis von toxischen Gasen in Import-Containern. Hiermit lassen sich auf einfache Weise Begasungsstoffe, aber auch andere toxische Gase in den erforderlichen Konzentrationsbereichen ohne jegliche Anreicherung vor Ort nachweisen und identifizieren. Durch die Sensorerweiterung ist es unter anderem gelungen, Begasungsstoffe, wie Sulfuryldifluorid (SO_2F_2) und Formaldehyd (CH_2O) zu messen. Damit ist das FumiDetec - 200 das erste mobile Gerät, das alle relevanten Begasungsstoffe mit den entsprechenden Empfindlichkeiten nachweisen kann. Es besteht aus einem Ionen-Mobilitäts-Spektrometer (IMS), einem Photo-Ionisations-Detektor (PID) mit vorgeschalteter gaschromatographischer Säule (GC-Säule), einem Infrarot-Detektor (IR) und elektrochemischen Zellen (EC).

www.iut-medical.de

Fumi-Analyzer für die Inspektion von Importcontainern
© IUT Medical

Detektion von Sicherheits-relevanten Gasen

Im **Fachbereich 6.7 „Oberflächenmodifizierung und –messtechnik“ der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM)** werden auch optische Verfahren für die Sicherheitstechnik entwickelt. So wurde der Nutzen von Ellipsometrie in Kombination mit Oberflächenplasmonenresonanz an 40 - 50 nm Goldschichten als Sensorsystem für sicherheitstechnisch relevante Gase untersucht. Das Verfahren wurde für verschiedenste Gase erprobt: entzündliche wie Kohlenwasserstoffe und Wasserstoff, oxidierende wie Sauerstoff und Ozon, toxische wie Kohlenmonoxid und inerte wie Helium und Stickstoff. Im Ergebnis wurde ein Messverfahren speziell für die schnelle Bestimmung bestimmter Gaskonzentration in explosionsgeschützten Umgebungen entwickelt.

www.bam.de[1]

1 www.bam.de/en/kompetenzen/fachabteilungen/abteilung_6/fb67/index.htm

Optische Sicherheitstechnologien

Das 2012 gegründete **Netzwerk Optische Sicherheitstechnologien (nost)** wird im Rahmen des Programms ZIM-Kooperationsnetzwerke (Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie gefördert. Ziel des Netzwerkes ist es, sich der technologischen Umsetzung einer Fusion verschiedener Sensortechnologien sowie der Systemintegration zu widmen. nost bringt mittelständische Unternehmen und Forschungseinrichtungen aus dem Bereich der optischen Sicherheitstechnologien und angrenzender Technologiefelder zusammen und ergänzt deren Kompetenzen durch eine Vertriebsplattform für neu zu etablierende Sicherheitssysteme. Dadurch können für den Weltmarkt wettbewerbsfähige Synergien geschaffen werden.

nost-project.org

Fahrgastzählung

Die Firma **iris GmbH** bietet Systeme zur automatischen Fahrgastzählung an. Sie ermitteln kostengünstig, zuverlässig und permanent den Auslastungsgrad von Fahrzeugen des öffentlichen Personenverkehrs. Mit Informationen über die tatsächliche Nutzung verschiedener Strecken in Abhängigkeit von Tageszeit und Wochentag unterstützt sie eine bedarfsgerechte Streckenplanung, die optimale Auslastung von Kapazitäten oder die Abrechnung von Verkehrsleistungen. Seit Anfang der 90er Jahre die ersten elektronischen Zählsysteme auf den Markt kamen, ist IRMA (InfraRed Motion Analyzer) von iris das international führende System für intelligente Fahrgastzählung. Dank dreidimensionalem, maschinellem Sehen ist mit der neuen Produktfamilie IRMA MATRIX auch der zuverlässige Einsatz bei verschiedensten Umwelteinflüssen und in dichtgedrängten Situationen möglich. Die Sensoren werden bereits angewendet bei den Berliner Verkehrsbetrieben und in deutschen Regionalzügen sowie in München, Genf, Los Angeles, Houston, Montreal, Shanghai und bei weiteren mehr als 250 Verkehrsbetrieben weltweit.

www.irisgmbh.de

Feuer-Fernerkundung mit IR-Sensoren

Bereits seit einigen Jahren werden Satellitendaten zur Abschätzung verschiedener Parameter von Waldbränden verwendet. Eine wesentliche Limitation der vorhandenen Sensoren liegt dabei in ihrer relativ schlechten räumlichen Auflösung von bestenfalls 1 km pro Pixel. Typischerweise können nur Brände mit einer abgestrahlten Leistung von über 10 Megawatt (= flammendes Vegetationsfeuer von ca. 200m2*) zuverlässig erkannt werden. Dies bedeutet, dass bis zu 50% aller Feuer von den derzeit verfügbaren Satellitensystemen nicht erfasst wird. Die deutsche FireBird-Mission auf Basis der neuen Satelliten TET-1 und BIROS soll dazu beitragen, die vorhandenen Unsicherheiten und Lücken deutlich zu reduzieren. Zusammen mit bereits im Orbit befindlichen Systemen sollen TET-1 und BIROS als „Feuerlupe“ wirken. Zum einen wird die wichtige Beobachtungslücke für die hohe Zahl kleiner Feuer (mit einer nach oben abgestrahlten Leistung zwischen 1 MW und 10 MW) geschlossen, so dass wesentlich mehr Brände überhaupt erkannt werden können. Zum anderen wird die TET-1/BIROS-Mission zur Validierung und Feinjustierung der Emissionsabschätzung aus räumlich schlechter aufgelösten Daten genutzt, welche z.B. mit geostationären Satelliten in kurzen zeitlichen Abständen gewonnen werden. Beide Satelliten basieren auf den technologischen Erfahrungen, die das DLR im Rahmen der BIRD-Mission von 2001 bis 2004 sammeln konnte. BIRD wurde an der Berliner Hauptabteilung **Optische Informationssysteme des DLR Instituts für Robotik und Mechatronik** entwickelt. Die kleinste mit BIRD erfasste Brandfläche wies eine Größe von 12 m² auf. Kernstück der Nutzfracht von TET-1 und BIROS ist wie beim BIRD-Satelliten ein im DLR-Institut für Robotik und Mechatronik entwickelter bi-spektraler Infrarot-Sensor, der die Auf-

IRMA Matrix Automatische Fahrgastzählung
© iris GmbH

BIROS-Sensoren
© DLR

zeichnung von Signalen im mittleren und thermalen Spektralbereich erlaubt (3.4 - 4.2 µm bzw. 8.5 - 9.3 µm). Eine weitere Kamera deckt in drei Kanälen den Bereich des sichtbaren Lichts und des Nahinfrarots ab. Die komplette Elektronik hierzu wird neuentwickelt. TET-1/BIROS kann Daten zu Feuern in einer wesentlich höheren räumlichen Auflösung bereitstellen (ca. 200 m gegenüber 1 km pro Pixel bisher). Ein weiteres Alleinstellungsmerkmal liegt in der Echtzeit-Justierung der Sensor-Integrationszeit: wenn die an Bord aufgenommenen und prozessierten Daten eine Sättigung des Signals vermuten lassen, wird eine zweite Belichtung mit kürzerer Integrationszeit ausgelöst. Diese intelligente Technologie behebt das Problem der Sättigung bei extrem heißen Feuern.

www.dlr.de[2]

Verknüpfung von Luftbildern und Satellitendaten im Katastrophenfall

Großereignisse und Katastrophen stellen enorme Anforderungen an Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS). Innerhalb kurzer Zeit müssen sie Entscheidungen treffen und das Ereignis sicher und effizient abwickeln. Gleichzeitig sind die Folgen für die Allgemeinheit zu minimieren. Aus diesem Grund werden im Projekt VABENE am **DLR Institut für Verkehrssystemtechnik** leistungsfähige Unterstützungswerkzeuge für BOS und Verkehrsbehörden entwickelt.Dazu gehören luftgestützte Lageerfassungssysteme (Verkehr und Situationserfassung). Optische Kameras liefern Luftbilder mit einer Bodenauflösung bis zu 15 Zentimeter. Zudem erlaubt das aktiv arbeitende Radarsystem (FSAR) den Einsatz bei Nacht oder schlechter Sicht. Die Luftbilder werden in naher Echtzeit zur Bodenstation übertragen. Zusätzlich werden aktuelle Lage- und ggf. Schadenskarten über das Zentrum für satellitengestützte Kriseninformation (ZKI) zur Verfügung gestellt. Das Disaster Management Tool (DMT) ermöglicht den Informationsaustausch von mobilen Einsatzkräften vor Ort und Führungskräften in den Einsatzleitstellen.

www.dlr.de/vabene

Luftgestützte Monitoring des Patiententransfers mit dem 4K Kamerasystem entwickelt im VAENE++ Project
© DLR

Terahertz-Technologie

Terahertz-(THz)-Strahlung war lange Zeit nur schwer zu erzeugen. Dabei bietet sie verschiedene Anwendungsmöglichkeiten, zum Beispiel bei der Detektion nichtmetallischer Waffen und Explosivstoffen oder in der Lebensmittelüberwachung. Inzwischen wird THz-Strahlung bei vielen Untersuchungen in der Festkörperphysik, Astronomie, Biologie und in der Umweltüberwachung eingesetzt. Um die Erzeugung von THz-Strahlung zu vereinfachen und kommerzielle Anwendungen voranzubringen, haben sich mehrere Berliner Institute und Firmen im Projekt “Terahertz Quantum Cascade Lasers for Spectroscopic Applications” zusammengeschlossen. Die wissenschaftlichen Partner Paul-Drude-Institut (PDI) und HU Berlin haben die Halbleitertheorie untersucht und die Halbleiter-Wafer bearbeitet. Am **FBH** wurden die Gitter hinzugefügt und bei **eagleyard photonics** erfolgte die Mikromontage und der Test der Quanten-Kaskadenlaser (QCL). Der wesentliche Vorteil der Neuentwicklung besteht darin, dass für die QCL keine Kühlung mit flüssigem Helium mehr nötig ist, bei der Betriebstemperatur von 40 bis 80 K genügt auch eine Sterling- oder Stickstoffkühlung. Beim DLR werden die QCL als lokale Oszillatoren im Heterodynspektrometer GREAT (German Receiver for Astronomy at Terahertz Frequencies) an Bord von SOFIA, dem Stratosphärenobservatorium für die Erforschung von interstellarem atomaren Sauerstoffgenutzt. Dafür wird dessen Feinstrukturübergang bei 4.745 THz gemessen.

www.eagleyard.com | www.pdi-berlin.de[3]
www.fbh-berlin.com[4] | www.dlr.de[5]

2 www.dlr.de/os/de/desktopdefault.aspx/tabid-10185/17350_read-41682
3 www.pdi-berlin.de/research/core-research-areas/intersubband-emitters
4 www.fbh-berlin.com/research/iii-v-electronics
5 www.dlr.de/dlr/en/desktopdefault.aspx/tabid-10419

5.6 Astronomie und Raumfahrt

Einleitung

Wenn eine neue planetare Mission ihr Ziel erreicht, fiebert inzwischen die ganze Welt am Fernseher oder im Internet mit. Dabei wird schnell vergessen, dass davor nicht nur Jahre des Anfluges sondern vor allem eine lange Entwicklungs- und Testphase für die extrem robuste und leistungsfähige Technik an Bord des Satelliten liegt. In Berlin und Brandenburg werden nicht nur viele Komponenten für die Raumfahrt entwickelt, es gibt hier auch eine hochentwickelte Teststruktur um die Hardware für Weltraumbedingungen zu qualifizieren. Spätestens mit der Entwicklung der adaptiven Optik hat die Astronomie im 21. Jahrhundert erhebliche Fortschritte gemacht und viele Grenzen der erdgebundenen Beobachtung überwunden. Damit erschließen sich buchstäblich neue Welten. Auch da steht die Entwicklung leistungsfähiger Hochtechnologie im Hintergrund, auf die sich einzelne Institute und Verbünde in Berlin und Brandenburg spezialisiert haben. Wie so oft im Bereich Raumfahrt und eben auch Astronomie werden die dabei entwickelten Technologien in völlig andere Bereiche transferiert und bewirken auch dort einen Technologiesprung.

Astrophysikalische Forschung und Geräteentwicklung

Das **Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam (AIP)** widmet sich astrophysikalischen Fragen, die von der Untersuchung unserer Sonne bis zur Entwicklung des Kosmos reichen. Forschungsschwerpunkte sind dabei kosmische Magnetfelder und extragalaktische Astrophysik sowie die Entwicklung von Forschungstechnologien in den Bereichen Spektroskopie, robotische Teleskope und E-Science. Seinen Forschungsauftrag führt das AIP im Rahmen zahlreicher nationaler, europäischer und internationaler Kooperationen aus. Das Institut ist Nachfolger der 1700 gegründeten Berliner Sternwarte und des 1874 gegründeten Astrophysikalischen Observatoriums Potsdam, das sich als erstes Institut weltweit ausdrücklich der Astrophysik widmete. Seit 1992 ist das AIP Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft. Aktuelle Projekte sind das Potsdam Echelle Polarimetric and Spectroscopic Instrument für das LBT (PEPSI), VIRUS, ARGOS, STIX und 4MOST. Dazu kommen die automatischen 1,2-m-Teleskope STELLA-I und STELLA-II.

www.aip.de

Faseroptische Sensorik

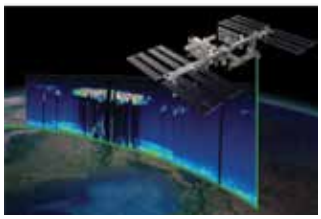
Am **innoFSPEC Potsdam** beschäftigt sich das Vorhaben „OH-Emissionslinien-Filter“ für den Infrarot-Nachthimmel mit der Anwendung von Faser Bragg Gittern (FBG). FBG sind extrem komplexe, in eine Faser eingeprägte Gitter, aus denen sich hochspezialisierte Linienfilter konstruieren lassen, um die störenden atmosphärischen Sauerstoff- und Wasserstoff-Linien in astronomischen Beobachtungen zu unterdrücken. Eine Technologie, die bei der Instrumentierung der nächsten Generation von Großteleskopen (Extremely Large Telsecopes oder ELTs) eine tragende Rolle spielen wird. innoFSPEC Potsdam ist ein Gemeinschaftsvorhaben des Leibniz-Instituts für Astrophysik Potsdam (AIP) und der Universität Potsdam (UP). innoFSPEC ist als Zentrum für Innovationskompetenz auf dem Forschungsgebiet „Faseroptische Spektroskopie und Sensorik“ tätig. Im März 2015 wurde die Förderung von innoFSPEC durch das BMBF für weitere fünf Jahre bestätigt.

www.innofspec.de | www.uni-potsdam.de

Laser für Luft- und Raumfahrt

Mit der SpaceX-Lieferung vom 10. Januar 2015 kamen auch einige DFB-Laser von **eagleyard photonics** auf der internationalen Raumstation ISS an. Die fasergekoppelten Laserdioden werden dort als Seedquelle für ein LIDAR-System im Rahmen des CATS (Cloud Aerosol Transport System) Projektes genutzt. Der Laser liefert Strahlen bei 1064 nm, 532 nm und 355 nm um die Eigenschaften der Wolken und Aerosolschichten zu ermitteln (water vapor DIAL).

Die beiden 1,2m Teleskope STELLA-I und STELLA-II am Izana Observatory auf Teneriffa, Spanien.
© AIP



eagleyard Laser in LIDAR Systemen
© NASA/eagleyard Photonics GmbH

Cross-Innovation at its best!

Interview mit Prof. Dr. Martin Roth, AIP Potsdam

Für die Astrophysik sind die Optischen Technologien in besonderem Maße Schlüsseltechnologien - welche Technologien und Entwicklungen sind im Moment von besonderer Bedeutung?

Besondere Herausforderungen für die nächste Generation von bodengebundenen Großteleskopen stellt u.a. die Herstellung von segmentierten Spiegeln für Hauptspiegel mit einem Durchmesser von mehr als 30 m dar – zum Beispiel für das Flaggschiffprojekt der Europäischen Astronomie: das 39 m große E-ELT. Hier geht es nicht nur um die industrielle Herstellung von Präzisionsoptik, sondern auch um Serienproduktion und die Integration in ein so noch nicht dagewesenes, hochkomplexes System.

Auch mit der Herstellung hauchdünner, verformbarer (adaptiver) Spiegel für die adaptive Optik des E-ELT wird Neuland betreten. Bei der Entwicklung von Fokalinstrumentierungen bedeutet die mit dem Teleskopdurchmesser wachsende Dimension der benötigten Komponenten, dass neue Lösungen für reflektive und refraktive Optiken, Beugungsgitter und Prismen sowie für Detektorsysteme gefunden werden müssen. Ein ganz neues Gebiet, das wir gerade erst begonnen haben für die Astrophysik zu erschließen, ist die Astrophotonik, also der Einsatz von Faseroptik und integrierter Optik für Fokalinstrumentierungen.

Ihr Institut hat zusammen mit der Universität Potsdam, der Charité und der LMTB Laser- und Medizin-Technologie GmbH aus Berlin ein technologisches Problem der Multiplexspektroskopie für die Krebsforschung gelöst. Wie konnte die Astrophysik das medizinische Projekt unterstützen?

In der Ramanspektroskopie haben Mediziner im Prinzip eine neue minimalinvasive optische Methode für die Krebsdiagnostik gefunden, durch die u.a. die Belastungen einer Biopsie und das Risiko der Metastasenbildung vermieden werden könnten. Mit den gegenwärtig nach Stand der Technik verfügbaren Ein-Kanal-Spektrographen ist allerdings keine Bildgebung möglich und damit die Methode für die Praxis nicht wirklich geeignet.

Wir haben durch Wissens- und Technologietransfer einen Weg gefunden, die bildgebende Eigenschaft mit in der Astrophysik eingesetzten Multiplexspektrographen herzustellen. Das ist ein großer Schritt vorwärts.

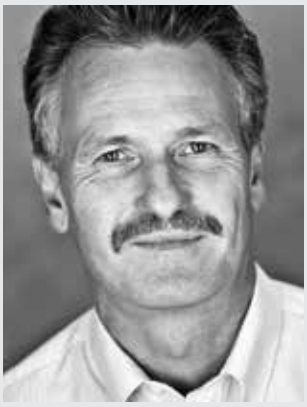
Wie ist diese ungewöhnliche Zusammenarbeit entstanden?

In der Netzwerkarbeit von OptecBB, konkret im Arbeitskreis für biomedizinische Optik, entstand die Idee einer Kooperation zwischen der Charité Universitätsmedizin, der LMTB GmbH und dem AIP. Seit Oktober 2013 arbeiten wir in dieser interdisziplinären Aufstellung mit einer Förderung aus dem VIP Programm des BMBF an der Validierung des Konzepts der „Multiplex-Ramanspektroskopie aus der Astrophysik für die Medizin".

Die Mehrdimensionale Spektroskopie ist ein Schwerpunkt im Masterplan des Cluster Optik. Welche Themen spielen für Ihr Institut innerhalb des Masterplans noch eine Rolle?

Im Handlungsfeld „Optische Analytik" sind „Bildgebung und mehrdimensionale Datenanalyse" sowie „Optische Sensorik und Glasfaseroptik" wichtige Themen für das Zentrum für Innovationskompetenz innoFSPEC Potsdam.

Aus dem Handlungsfeld „Optik für Kommunikation und Sensorik" besitzen die Themen „Photonische Systemintegration" und „Optische Sensorik" ein besonders interessantes Potenzial für Cross Innovation im Zusammenhang mit unserer Forschung im Bereich der Astrophotonik.



Prof. Dr. Martin M. Roth
Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam (AIP)
innoFSPEC Potsdam
An der Sternwarte 16
14482 Potsdam
E-Mail: info@aip.de
www.aip.de/en
www.innofspec.de/en

Physikstudium an der LMU München, Promotion in Astrophysik an der Universitäts-Sternwarte München (1993). Tätigkeiten am Wendelsteinobservatorium und an der Europäischen Südsternwarte (ESO) in Garching. Seit 1994 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam (AIP). Initiator von innoFSPEC Potsdam (2009). Professur an der Universität Potsdam (2011).

Südhalbkugel des Mars aufgenommen von der HRSC in Orbit 14150. In der unteren Bildhälfte ist die Südpolkappe des Mars zu erkennen, die aus einer Mischung aus Wasser- und Kohlendioxideis besteht. Auf den dunklen Flächen befinden sich Ansammlungen dunkler, vulkanischer Sande.
© ESA/DLR/FU Berlin, CC BY-SA 3.0 IGO

eagleyard photonics bietet maßgeschneiderte Lösungen für den Einsatz im Weltraum an. Laserdioden sind die idealen Lichtquellen für harsche Betriebsbedingungen. Kompakt und robust widerstehen sie selbst extremen Umwelteinflüssen. So sind entsprechende DFB Laser erfolgreich in Raumfahrtprogrammen der NASA und der ESA eingesetzt worden, in denen sie umfangreichen Qualifikationstests nach MIL-Standard und anderen unterzogen worden sind.

www.eagleyard.com

Kameraelektronik

Im Bereich Luft- und Raumfahrt konnte First Sensor in zahlreichen Projekten überzeugen. Vielfach sind dabei hochspezialisierte Lösungen gefragt, die in mehreren Design-Zyklen und in enger Zusammenarbeit mit dem Kunden optimiert werden. Zu den entsprechenden Projekten bei First Sensor gehören folgende Beispiele:

- Mars-Kamera
- Laserleitstrahlsysteme
- Simulationswerkzeuge
- Nukleare Strahlungssensoren

Ein besonderes Highlight war der Start der ersten europäischen Marsmission Mars Express. Zu den Instrumenten an Bord von Mars Express gehört die hochauflösende Stereokamera HRSC (High Resolution Stereo Camera), deren gesamte Elektronik von der First-Sensor-Tochterfirma Lewicki microelectronic GmbH entwickelt und gebaut wurde. Die HRSC soll die gesamte Marsoberfläche dreidimensional kartieren. Dabei kann diese Kamera aus 250 Kilometern Flughöhe noch Einzelheiten von zwei Metern Größe ausmachen.

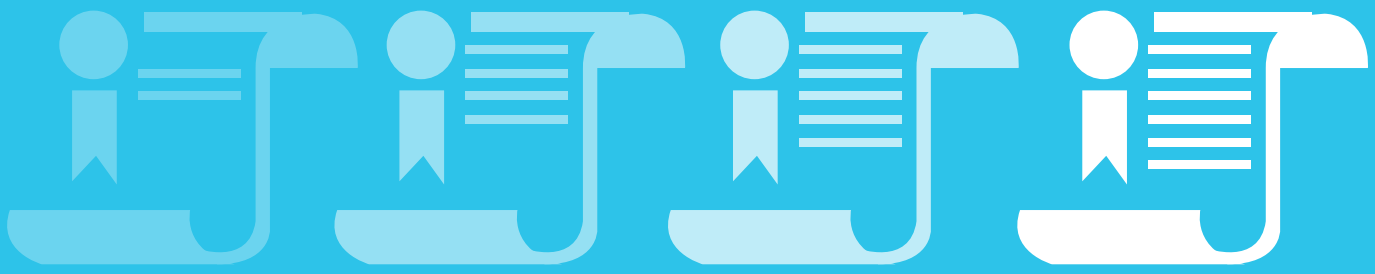
www.first-sensor.com

Sensorsysteme für Luft- und Raumfahrt

Faszinierende dreidimensionale Bilder vom Mars wurden mit der in Adlershof entwickelten Stereokamera HRSC aufgenommen. Das **Institut für Planetenforschung des Deutschen Zentrums für Luft und Raumfahrt (DLR)** ist für die Betrieb der Kamera und die Datenanalyse verantwortlich. Die Verlängerung der dienstältesten Planetenmission der ESA bis 2018 spricht für die Qualität der Kamera. Auch die Landeeinheit Philae der Raumsonde Rosetta, die im November 2014 auf dem Kometen „Tschurjumov-Gerasimenko“ aufsetzte, ist mit in Berlin-Adlershof entwickelten Instrumenten ausgestattet: Der Multispektral-Kamera ROLIS sowie der Thermalsonde MUPUS, welche die Oberflächentemperatur und die thermische Leitfähigkeit des Kometen untersucht. Außerdem betreibt das im Januar 2007 gegründete **DLR-Institut für Raumfahrtsysteme** am Standort Adlershof die Weltraumsimulationsanlage der Abteilung Systemkonditionierung. Deren Aufgabe ist es, Hardware auf ihre Einsetzbarkeit im Weltall zu testen. Die Berliner DLR-Wissenschaftler sind also nicht nur an der Planung und Vorbereitung von Weltraummissionen beteiligt, sondern auch an deren Durchführung sowie der Auswertung der wissenschaftlichen Ergebnisse.

www.dlr.de[1] | www.dlr.de/pf

1 www.dlr.de/irs/de/desktopdefault.aspx/tabid-11241



6 Aus- und Weiterbildung

6 Aus- und Weiterbildung

Einleitung

Seit Anfang des 19. Jahrhunderts haben sich in Berlin und Brandenburg industrielle Strukturen für Optik und damit verbundene Hochtechnologien entwickelt. Schon früh wurden dabei auch Ausbildungsangebote aufgebaut, um einen entsprechenden Nachwuchs an qualifiziertem Fachpersonal zu sichern. Heute bietet die Region ein nachhaltiges Netzwerk verschiedenster Einrichtungen und Programme für die berufliche Bildung von der Lehre bis zur Meisterprüfung und für die akademische Ausbildung vom Bachelor bis zur Promotion. Darüber hinaus existieren vielfältige Möglichkeiten von der Einführung in die Welt der Naturwissenschaften im Kindergarten und in der Grundschule bis hin zur berufsbegleitenden Weiterbildung in den verschiedensten Spezialisierungen.

Studieren in Berlin und Brandenburg

An Berliner und Brandenburger Hochschulen existieren ausgezeichnete Studienangebote in den verschiedenen Fachrichtungen, die mit optischer Analytik zusammenhängen. Das beginnt mit Physik und Chemie (FUB, HUB, TUB, Unis Potsdam und BTU Cottbus) und setzt sich in speziellen Bachelor- und Masterstudiengängen an den verschiedenen Hochschulen fort. Dazu gehören sowohl eigenständige Studiengänge als auch Schwerpunkte bzw. Module in ingenieur- oder naturwissenschaftlichen Studiengängen. Die Hochschulen sind durch gemeinsame Berufungen mit außeruniversitären Forschungseinrichtungen exzellent vernetzt und gewährleisten so einen direkten Zugang zu aktueller und angewandter Forschung auch außerhalb der Universität. Eine umfassende Übersicht zu den verschiedenen Ausbildungsangeboten bietet der **Bildungsatlas Optische Technologien und Mikrosystemtechnik in Berlin und Brandenburg**, der in der 4. Auflage für 2016/17 vorliegt.

www.optecbb.de[1]

Postgraduale Ausbildung

In Berlin und Brandenburg gibt es eine Vielzahl von Graduiertenkollegs (GRK), das sind systematisch angelegte Studien- und Forschungsprogramme für Doktoranden. In den Kollegs wird ihre wissenschaftliche Arbeit inhaltlich und organisatorisch strukturiert. Sie werden dabei häufig angestellt oder erhalten ein Stipendium. Die meisten GRKs werden von der DFG gefördert und sind auf maximal 9 Jahre befristet. FUB, HUB und TUB organisieren jeweils etwa ein Dutzend dieser meist fächerübergreifenden GRKs. Zusätzlich zu den DFG-geförderten Kollegs konnten die Berliner Universitäten im Rahmen der Exzellenzinitiative des Bundes und der Länder zur Förderung von Wissenschaft und Forschung an deutschen Hochschulen mehrere Graduiertenkollegs etablieren. Seit 2007 wird das von der TUB geleitete GRK Berlin International **Graduate School of Natural Sciences and Engineering (BIG-NSE)** als wesentlicher Teil des Exzellenzclusters **Unified Concepts in Catalysis (UniCat)** im Rahmen der Exzellenzinitiative gefördert.

www.big-nse.tu-berlin.de

Zu den Exzellenz-GRKs gehört auch die 2012 in Berlin gestartete **School of Analytical Sciences Adlershof (SALSA)**. SALSA ist ein Graduiertenkolleg an der Humboldt-Universität zu Berlin. Auf dem modernen Campus in

1 www.optecbb.de/lang/media/download/OpTecBB_Bildungsatlas_www.pdf

Adlershof lernen die Promotionsstudenten Methoden der analytischen Problemlösung mit einem integrativen und multidisziplinären Ansatz.

www.salsa.hu-berlin.de

Ebenfalls am Standort Adlershof ist das Graduiertenkolleg Hybrid4Energy beheimatet. Es wird gemeinsam von HUB und HZB organisiert. Hier steht die interdisziplinäre Ausbildung und Forschung an neuen hybriden organisch/anorganischen Systemen für elektronische, optoelektronische und photovoltaische Baugruppen im Mittelpunkt. Ziel ist dabei, die Materialeigenschaften vorherzusagen und zu steuern. Diese neuen Materialien sollen dann in der Photovoltaik und der nächsten Generation von IT-Strukturen angewandt werden.

www.physik.hu-berlin.de/h4e

Programme für Schüler

Im Kontext der Nachwuchsförderung von MINT-Berufen wurden in den letzten Jahren an vielen Instituten auch Möglichkeiten für Schüler geschaffen. So bietet zum Beispiel das DLR_School_Lab etwa 20 verschiedene Module an, bei den sich Kinder und Jugendliche einen Tag lang mit Experimenten zu jeweils einem speziellen Thema beschäftigen können. Auch im Helmholtz-Zentrums Berlin (HZB) für Materialien und Energie können Schüler an speziellen Projekttagen ein Schülerlabor nutzen. Das Schülerlabor Blick in die Materie hat wie das HZB zwei Standorte: Berlin-Wannsee und Berlin-Adlershof (BESSY II). Dort werden Themen wie Magnetismus und Supraleitung, Solarenergieforschung, Interferenz, Materialforschung sowie Licht und Farben von den Schülern der Klassenstufen 5-13 untersucht.

www.dlr.de/schoollab | www.helmholtz-berlin.de[2]

Lehrerausbildung

Das Humboldt-ProMINT-Kolleg ist eine ständige, Fächer und Schulstufen übergreifende universitäre Struktureinheit, die sich seit Herbst 2010 unter Mitwirkung aller beteiligten Akteure der Weiterentwicklung der fachdidaktischen Forschung, des Schulunterrichts und der Lehrerausbildung in den MINT-Fächern widmet und ihre Aktivitäten evaluiert. Besonderes Augenmerk legen die Kollegiatinnen und Kollegiaten dabei auf die Vernetzung der Disziplinen Biologie, Chemie, Grundschulpädagogik, Informatik, Mathematik und Physik. Die Humboldt-Universität zu Berlin war 2009 mit ihrem Konzept des Humboldt-ProMINT-Kollegs eine von bundesweit vier Universitäten, die sich im Exzellenzwettbewerb MINT-Lehrerbildung der Deutsche Telekom Stiftung durchsetzen konnte.

www.promint.hu-berlin.de

Berufsausbildung

In der Berufsausbildung haben neben den Hauptberufsgruppen wie Feinoptiker/-in oder Mikrotechnologe/-in eine Reihe weiterer Berufe einen hohen Stellenwert für die Branche: Chemie- und Physiklaboranten, die grundlegende Funktionen in den Hightech-Laboren wahrnehmen sind ebenso gefragt wie Feinwerkmechaniker/-in für hochpräzise Bauteilfertigung. Für die Qualitätssicherung der Ausbildung sorgen überbetriebliche Bildungszentren oder Ausbildungsverbünde, in denen sich die Ausbildungsbetriebe zur gegenseitigen

2 www.helmholtz-berlin.de/angebote/schuelerlabor

Unterstützung zusammengeschlossen haben. Ein Beispiel dafür ist der Ausbildungsverbund Mikrotechnologie Berlin-Brandenburg.

Neben den breiten Ausbildungsmöglichkeiten in den Oberstufenzentren haben auch Universitäten und Institute eigene Wege für die Berufsausbildung geschaffen. Sie bilden insbesondere den Nachwuchs für die wissenschaftlichen Werkstätten und Labore aus.

www.promano.net

Berufliche Weiterbildungsangebote

Im Projekt **beQual** werden im Rahmen des Clusters Optik/ Mikrosystemtechnik spezielle **Weiterbildungsangebote für Hochtechnologiefirmen** angeboten. Hintergrund ist der Bedarf dieser Firmen, der oft über die bestehenden Qualifizierungsangebote von Bildungsdienstleistern hinausgeht und meist nur für wenige Mitarbeiter/-innen von Interesse ist. In einem durch die Senatsverwaltung für Wirtschaft, Technologie und Forschung in Berlin geförderten Pilotprojekt sollen im Zeitraum Oktober 2014 bis Mai 2015 exemplarische Trainingseinheiten für Mitarbeiter/-innen von 3-4 Unternehmen in 2 Instituten im Cluster Optik getestet werden.

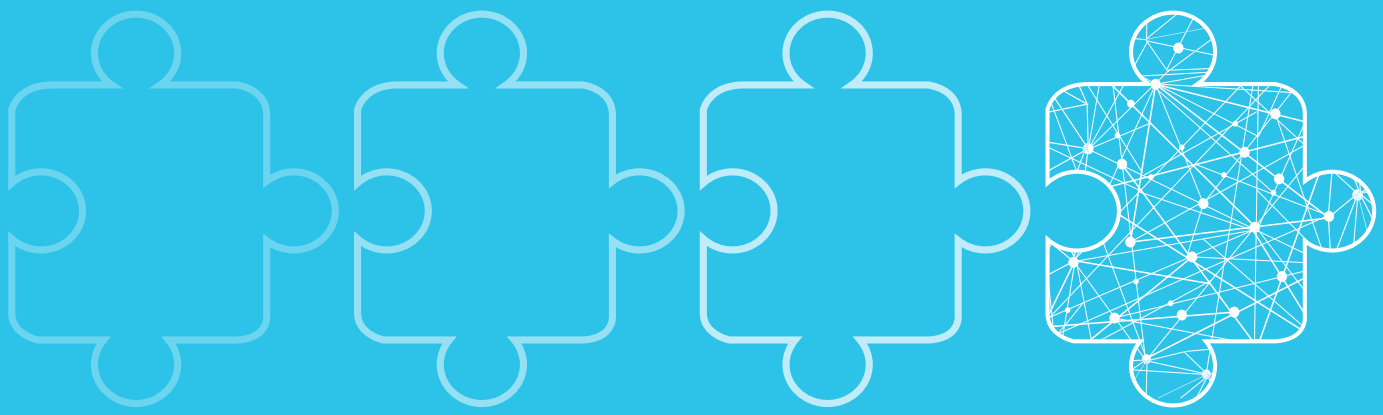
www.fbh-berlin.com[3]

Im Projekt **AlFaClu- Altersgerechte und –übergreifende Fachkräfteentwicklung in Hochtechnologie-Clustern** soll im Cluster Optische Technologien und Mikrosystemtechnik in Berlin und Brandenburg die Situation altersbedingter Veränderungen der Fachkräftesituation analysiert und umfangreiche Methoden zur Bewältigung erarbeitet werden. Die Ergebnisse sollen als wissenschaftlich fundierte Tools, Praxisleitfäden, Checklisten, Vorlagen usw. vorliegen sowie durch Workshops direkt vermittelt und in ein Aus- und Weiterbildungsprogramm im Cluster eingebunden. Ziel ist dabei die Sicherung und die Entwicklung von Kompetenzen sowie die Weiterbildung von Fachkräften.

In diesem Projekt arbeitet OpTecBB unter anderem mit der Helmut Schmidt Universität, der Universität Hamburg, dem Zentrum für Mikrosystemtechnik Berlin und zehn weiteren Value Partnern aus Industrie, Wissenschaft und Verwaltung zusammen.

www.alfaclu.net

3 www.fbh-berlin.de/ueber-uns/nachwuchs-fachkraefte/berufsorientierung/veranstaltungen-fuehrungen



7 Branchenplattformen

7 Branchenplattformen

Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie

Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie bietet in Berlin ansässigen Unternehmen, Investoren und Forschungseinrichtungen Wirtschafts- und Technologieförderung. Mit individuellen Dienstleistungen und erstklassigen Beziehungen im Bereich Forschung bieten unsere Experten ein einzigartiges Angebot um Unternehmen bei der Einführung, Modernisierung, Erweiterung und Sicherung ihrer geschäftlichen Zukunft in Berlin zu unterstützen. Das Cluster Optik wurde mit dem Ziel entwickelt, die technologische Entwicklung der Region weiter zu fördern, und bietet Unternehmen und Forschungseinrichtungen Zugang zu Ressourcen wie Wissen und Kapital, sowohl auf lokaler als auch auf internationaler Ebene in den folgenden Bereichen:

- Lasertechnik
- Lichttechnik
- Optik für Kommunikation und Sensorik
- Optische Analytik
- Biomedizinische Optik und Augenoptik
- Mikrosystemtechnik

Das Cluster Optik Berlin-Brandenburg zeichnet sich insbesondere durch die starke wissenschaftliche Basis (zehn Hochschulen und 26 außeruniversitäre Forschungseinrichtungen) und die Vielzahl kleinerer und mittlerer Unternehmen (insgesamt 390 KMU) mit einem breitgefächerten Know-how aus. Dies schafft ideale Voraussetzungen für den wechselseitigen Transfer zwischen Wissenschaft und Industrie und für nationale und internationale Zusammenarbeit.

Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie

Kontakt: Gerrit Rössler
gerrit.roessler@berlin-partner.de | www.berlin-partner.de/en
www.photonics-bb.com | www.businesslocationcenter.de/en

micro photonics – Internationaler Kongress und Fachmesse

Die Berliner Branchenplattform laser optics wird ab Oktober 2016 als Internationaler Kongress und Fachmesse micro photonics neu am Markt positioniert. Die erste micro photonics findet vom 11. bis 13. Oktober 2016 auf dem Berlin ExpoCenter City statt. Danach ist für die dreitägige Kongressmesse ein jährlicher Turnus vorgesehen. Im Mittelpunkt der Veranstaltung steht ein internationaler Kongress, der in Kooperation mit der K.I.T Group und weiteren renommierten Partnern organisiert wird. Dr. Stefan Franzke, Geschäftsführer von Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie: *„Optische Technologien und die eng verknüpfte Mikrosystemtechnik gehören zu den Innovationstreibern der Region – mehr als 400 Unternehmen und 36 Wissenschaftseinrichtungen forschen, entwickeln und produzieren in und um Berlin. Durch die Profilschärfung der micro photonics geben wir der hiesigen Photonik-Szene ein neues internationales Schaufenster, das die Stärken dieser Schlüsselbranche am Standort Berlin noch besser widerspiegelt.“* Mit einer zweitägigen Preview geht die micro photonics 2015 erstmals an die Öffentlichkeit. Für den 26. und 27. November sind auf dem Berliner Messegelände unter anderem Expertenvorträge rund um das hochaktuelle Thema Biophotonics geplant. Darüber hinaus wird es einen Ausstellungsteil und zahlreiche Möglichkeiten zum Networking geben. Veranstaltet wird die micro photonics von der Messe Berlin GmbH in Zusammenarbeit mit Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH sowie weiteren Partnern.

micro photonics International Congress Expo

Kontakt: Kerstin Kube-Erkens
kubeerkens@messe-berlin.de | www.micro-photonics.de/en

ZAB – ZukunftsAgentur Brandenburg

Die ZukunftsAgentur Brandenburg GmbH (ZAB) ist die zentrale Anlaufstelle für Wirtschaftsförderung im Land Brandenburg. Schwerpunkte ihrer Arbeit sind Ansiedlungen, die Entwicklung eines innovativen Mittelstandes einschließlich Außenwirtschaftsförderung, die Unterstützung technologieorientierter Existenzgründer sowie die Energieberatung.

Die ZAB ist partnerschaftlich verbunden mit der InvestitionsBank des Landes Brandenburg (ILB) und der Brandenburg Capital GmbH. Das Enterprise Europe Network bei der ZAB berät speziell zu europäischen Programmen und führt grenzüberschreitende Kooperationen herbei.

ZAB ZukunftsAgentur Brandenburg

Kontakt: Michael Koinzer
info@zab-brandenburg.de
www.zab-brandenburg.de/en

OpTecBB e.V. – Optische Technologien aus Berlin und Brandenburg

OpTec-Berlin-Brandenburg (OpTecBB) e.V. ist das Kompetenznetz für Optische Technologien und Mikrosystemtechnik in Berlin und Brandenburg. Der Verein wurde am 14.9.2000 von Unternehmen und Forschungseinrichtungen mit Unterstützung der zuständigen Landesministerien Brandenburgs und des Senats von Berlin gegründet. Heute hat der Verein über 100 institutionelle Mitglieder. Mit den Partnern ZukunftsAgentur Brandenburg (ZAB) und Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie (BPWT) übernimmt OpTecBB maßgeblich die Verantwortung für die inhaltliche Gestaltung des Clustermanagements im Cluster Optik in Berlin und Brandenburg. Der Austausch zwischen den OpTecBB-Mitgliedern erfolgt überwiegend innerhalb der Handlungsfelder des Cluster Optik:

- Optik für Kommunikation und Sensorik
- Optische Analytik
- Lichttechnik
- Biomedizinische Optik und Augenoptik
- Lasertechnik
- Mikrosystemtechnik.

Zudem ist der Verein aktiv in den Bereichen:

- Nachwuchskräftesicherung
- Messe- und Veranstaltungsorganisation
- Internationalisierung
- Standortmarketing
- Gründungsunterstützung

OpTecBB ist Mitglied von OptecNet Deutschland e.V., dem Zusammenschluss aller deutschen regionalen Kompetenznetze für Optische Technologien sowie von EPIC - European Photonics Industry Consortium und engagiert sich im Rahmen der europäischen Technologieplattform Photonics21.

OpTecBB

Kontakt: Dr. Frank Lerch
lerch@optecbb.de | www.optecbb.de/en

Zentrum für Molekulare Diagnostik und Bioanalytik

Das Zentrum für Molekulare Diagnostik und Bioanalytik (ZMDB) ist die Plattform für den Technologietransfer in den Bereichen in-vitro Diagnostik und Bioanalytik und ist angesiedelt bei Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH. Ziel des ZMDB ist es, die Entwicklung innovativer Diagnostika in der Region Berlin-Brandenburg durch die Etablierung von F&E-Verbundprojekten zu unterstützen. Darüber hinaus stellt das ZMDB alle dafür notwendigen Informationen zur Verfügung. Im Zuge der Cross-Innovationen sind auch optische Technologien sowie die Bioelektronik Schwerpunktthemen. Darüber hinaus vertritt das ZMDB seit 2010 als bisher einzige deutsche Region Berlin-Brandenburg im europäischen Clusternetzwerk „EDCA“, das sich auf die Entwicklung neuer Lösungen für die in-vitro-Diagnostik fokussiert.

Zentrum für Molekulare Diagnostik und Bioanalytik

Kontakt: Dr. Günter Peine
peine@zmdb.de | www.zmdb.de/en

PRORA – Fachtagung Prozessnahe Röntgenanalytik

Die renommierte und bundesweit beachtete Fachtagungsreihe „Prozessnahe Röntgenanalytik“ PRORA wurde im Jahre 2001 durch das Institut für angewandte Photonik e.V. (IAP) ins Leben gerufen. Die Tagung mit über 100 Teilnehmern findet seit dieser Zeit regelmäßig alle zwei Jahre statt und wird durch eine Geräteausstellung begleitet, auf der deutsche und auch verschiedene ausländische Gerätehersteller ihre neuesten Produkte zeigen. Auch in diesem Jahr öffnet die PRORA zum nunmehr achten Mal im Wissenschafts- und Technologiepark Berlin Adlershof ihre Pforten. Es sind alle Anwender, Entwickler und Hersteller aus dem Bereich der prozessnahen Röntgenanalytik, sowie alle sonstigen Interessierten zur Teilnahme aufgerufen. Die Etablierung dieser Fachtagung mit wachsenden Teilnehmerzahlen verdeutlicht die Wertschätzung der Arbeiten des IAP sowohl national als auch international.

PRORA

Kontakt: Dr. Reiner Wedell
wedell-iap@ifg-adlershof.de | www.adlershof.de[1]

1 www.iap-adlershof.de/fachtagungen

8 Unternehmen & Forschungseinrichtungen im Überblick

8 Unternehmen & Forschungseinrichtungen im Überblick

Unternehmen	Internet
5micron GmbH	www.5micron.de
ACI Analytical Control Instruments GmbH	www.aci-berlin.de
AEMtec GmbH	www.aemtec.com
art photonics GmbH	www.artphotonics.com
Becker & Hickl GmbH	www.becker-hickl.de
BERLINER GLAS KGaA - Herbert Kubatz GmbH & Co	www.berlinerglas.com
Berliner Nanotest und Design GmbH	www.nanotest.eu/en
BESTEC GmbH	www.bestec.de
Bi-Ber GmbH & Co.KG	www.bilderkennung.de
Bruker Nano GmbH	www.bruker-nano.de
Chronos Vision GmbH	www.chronos-vision.de
Colibri Photonics GmbH	www.colibri-photonics.com
ColVisTec AG	www.colvistec.de
Crystal Photonics GmbH	www.crystal-photonics.com
E.F.G., Elektrotechnische Fabrikations- und Großhandels-Gesellschaft mbH	www.efg-berlin.de
eagleyard Photonics GmbH	www.eagleyard.com
Entwicklungsbüro Stresing	www.stresing.de
EPIGAP Optronic GmbH	www.epigap-optronic.com
EuroPhoton GmbH für Optische Sensorik	www.europhoton.de
F&K Physiktechnik GmbH	www.fkphysiktechnik.com
First Sensor AG	www.first-sensor.de
FLEXIM Flexible Industriemesstechnik GmbH	www.flexim.com
greateyes GmbH	www.greateyes.de
HACH LANGE GmbH	www.hach-lange.com
IfG - Institute for Scientific Instruments GmbH	www.ifg-adlershof.de
IOM Innovative Optische Messtechnik GmbH	www.iom-berlin.de
iris-GmbH infrared & intelligent sensors	www.irisgmbh.de
IUT Institut für Umwelttechnologie GmbH	www.iut-berlin.info
IUT Medical GmbH	www.iut-medical.com
JP-ProteQ GmbH	www.jp-proteq.com
JTL-BioTec.Analytics	www.biotec-analytics.de
L.U.M. Gesellschaft für Labor-, Umweltdiagnostik und Medizintechnik mbH	www.lum-gmbh.com
Laser- und Medizin-Technologie GmbH Berlin (LMTB)	www.lmtb.de
LayTec AG	www.laytec.de
LLA Instruments GmbH	www.lla-instruments.com
LTB Lasertechnik Berlin GmbH	www.ltb-berlin.de
Mikroskop Technik Rathenow GmbH	www.askania.de
Optikexpertisen Dr. Volker Raab	www.raab-photonik.com

Unternehmen	Internet
Optris GmbH	www.optris.com
PDW Analytics	www.pdw-analytics.de
pi4-robotics GmbH	www.pi4.de
PicoQuant GmbH	www.picoquant.com
Pronova Analysentechnik GmbH & Co. KG	www.pronova.de
rap.ID Particle Systems GmbH	www.rap-id.com
Raytek GmbH	www.raytek.com
Robert Riele GmbH & Co. KG	www.riele.de
rtw Röntgen-Technik Dr. Warrikhoff GmbH & Co. KG	www.rtwxray.de
Schmidt + Haensch GmbH & Co.	www.schmidt-haensch.com
Secopta GmbH	www.secopta.com
SENTECH Instruments GmbH	www.sentech.com
sglux GmbH	www.sglux.de
SPECS Surface Nano Analysis GmbH	www.specs.de
TechnoLab Gesellschaft für Elektronikindustrie-Service mbH	www.technolab.de
TRIOPTICS Berlin GmbH	www.trioptics-berlin.com
Vistac GmbH	www.vistac.com
Wissenschaftliche Gerätebau Dr. Ing. Herbert Knauer GmbH	www.knauer.net

Forschungseinrichtungen	Internet
Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)	www.bam.de
Charité Universitätsmedizin Berlin (Charité)	www.charite.de
Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt (DLR)	www.dlr.de/
Forschungszentrum MATHEON - Mathematik für Schlüsseltechnologien	www.matheon.de
Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung (Fraunhofer IAP)	www.iap.fraunhofer.de
Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik (Fraunhofer IPK)	www.ipk.fraunhofer.de
Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut (Fraunhofer HHI)	www.hhi.fraunhofer.de
Fraunhofer-Institut für Zelltherapie und Immunologie (Fraunhofer IZI)	www.izi.fraunhofer.de
Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration (Fraunhofer IZM)	www.izm.fraunhofer.de
Freie Universität Berlin (FU Berlin)	www.fu-berlin.de
Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie (HZB)	www.helmholtz-berlin.de
Humboldt-Universität zu Berlin (HU Berlin)	www.hu-berlin.de
Innovative faseroptische Spektroskopie und Sensorik (innoFSPEC)	www.innofspec.de
Institut für Angewandte Photonik e.V. (IAP eV)	www.iap-adlershof.de
Institut für Dünnschichttechnologie und Mikrosensorik e.V. (IDM)	www.idm-teltow.de
Integrative Research Institute for the Sciences (IRIS)	www.iris-adlershof.de
Kompetenzzentrum Dünnschicht- und Nanotechnologie für Photovoltaik Berlin (PVcomB)	www.pvcomb.com
Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB)	www.atb-potsdam.de
Leibniz-Institut für Analytische Wissenschaften - ISAS - e.V. (ISAS)	www.isas.de
Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam (AIP)	www.aip.de
Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ)	www.ikz-berlin.de
Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik - Ferdinand-Braun-Institut (FBH)	www.fbh-berlin.com

Forschungseinrichtungen	Internet
Max-Born-Institut für Nichtlineare Optik und Kurzzeitspektroskopie (MBI)	www.mbi-berlin.de
Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik (Albert Einstein Institut)	www.aei.mpg.de
Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung (MPIKG)	www.mpikg.mpg.de
Max-Planck-Institut für molekulare Genetik (MPIMG)	www.molgen.mpg.de
Max-Planck-Institut für molekulare Pflanzenphysiologie (MPI-MP)	www.mpimp-golm.mpg.de
Optotransmitter Umweltschutz Technologie e.V. (OUT eV)	www.out-ev.de
Paul-Drude-Institut für Festkörperelektronik	www.pdi-berlin.de
Physikalisch Technische Bundesanstalt (PTB)	www.ptb.de
Technische Hochschule Wildau (TH Wildau)	www.th-wildau.de
Technische Universität Berlin (TU Berlin)	www.tu-berlin.de
Telekom Innovation Laboratories (T-Labs)	www.laboratories.telekom.com
Universität Potsdam (UP)	www.uni-potsdam.de

Netzwerke & Cluster Organisationen	Internet
Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH	www.berlin-partner.de
Cluster Optik in Berlin and Brandenburg	www.photonics-bb.com
Initiative of Non-University Research Institutes in Adlershof e.V. (IGAFA)	www.igafa.de
Netzwerk “Optische Sicherheitstechnologien” (nost)	www.nost-project.org
OpTecBB e.V. - Kompetenznetz Optische Technologien	www.optecbb.de
ZukunftsAgentur Brandenburg GmbH (ZAB)	www.zab-brandenburg.de

Gründerservice	Internet
Centre for Entrepreneurship at the TU Berlin	www.entrepreneurship.tu-berlin.de
GO:INcubaror GmbH, Potsdam	www.gooincubator.de
Golm Innovation Center GO:IN, Potsdam	www.goin-potsdam.de
Humboldt-Innovation GmbH, Berlin	www.humboldt-innovation.de

Aus- und Weiterbildung	Internet
Bildungsatlas	www.optecbb.de (Download)
Berlin International Graduate School of Natural Sciences and Engineering (BIG-NSE)	www.big-nse.tu-berlin.de
Excellence Cluster "Unified Concepts in Catalysis (UniCat)"	www.unicat.tu-berlin.de
Humboldt-ProMINT-Kolleg	www.promint.hu-berlin.de
Hybrid4Energy Graduate School	www.physik.hu-berlin.de/h4e
School of Analytical Sciences Adlershof (SALSA)	www.salsa.hu-berlin.de

Standorte	Internet
Technologiepark Adlershof / Analytic City Adlershof (WISTA Management GmbH)	www.adlershof.de
Wissenschaftspark Potsdam-Golm (Standortmanagement Golm gGmbH)	www.wisspark.de
Campus Charlottenburg (Technische Universität Berlin)	www.campus-charlottenburg.org
Technologiestandort Berlin Südwest (Regionalmanagement Berlin SÜDWEST)	www.rm-berlin-sw.de

9 Impressum

Optische Analytik

in der Hauptstadtregion Berlin-Brandenburg

Herausgeber
Herausgeber dieses Reports ist die
Berlin Partner
für Wirtschaft und Technologie GmbH

Geschäftsführer
Dr. Stefan Franzke und Andrea Joras

Fasanenstr. 85, 10623 Berlin
Tel + 49 30 46302-500
info@berlin-partner.de
www.berlin-partner.de

Mit freundlicher Unterstützung der
ZukunftsAgentur Brandenburg GmbH
Steinstr. 104-106
14480 Potsdam
www.zab-brandenburg.de

Wir weisen darauf hin, dass das Urheberrecht sämtlicher Texte und Grafiken in diesem Re-port bei den Autoren, vertreten durch den Herausgeber, liegt. Die begründeten Urheberrechte bleiben umfassend vorbehalten. Jede Form der Vervielfältigung z.B. 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.

Inhalt
Für die Inhalte der redaktionellen Beiträge kann der Herausgeber keine Gewähr über-nehmen. Diese Buchausgabe bildet den tem-porären Stand eines kontinuierlichen Arbeits-prozesses ab. Obwohl bei der Zusammenstellung der Informationen größte Sorgfalt ange-wandt wurde, kann die Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH für die Aktualität, Richtigkeit oder Vollständigkeit keine Gewähr übernehmen.

In keinem Fall kann die Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie 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.

Die Berlin Partner für Wirtschaft und Techno-logie GmbH dankt allen Beteiligten für die Mitarbeit zu diesem Report, einschließlich für die Bereitstellung des Bildmaterials. Die Aus-wahl der portraitierten Unternehmen und Forschungseinrichtungen ist exemplarisch für die Region und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Alle Angaben ohne Gewähr.

Redaktionelle Leitung:
Dawid Schweda

Autoren:
Kap. 2: Gerrit Rössler, Dawid Schweda
Kap. 3: Sebastian Stahn
Kap. 4-7: Dr. Andreas Thoss, Dawid Schweda
Interviews: Markus Wabersky

Layout + Graphik:
Bermag Sp.j.

Titelbild:
© Bruker Nano GmbH

Berlin, Dezember 2015

Unser Ziel: Ihr Erfolg!

Berlin und Brandenburg fördern das Handlungsfeld Optische Analytik durch eine länderübergreifende Wirtschaftspolitik im Cluster Optik. Das Clustermanagement erfolgt durch Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie, den Optec-Berlin-Brandenburg (OpTecBB) e.V. sowie die ZAB ZukunftsAgentur Brandenburg.

Unser Ziel ist es, Unternehmen und Wissenschaftseinrichtungen im Bereich der Optik 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**
- **Internationale Markterschließung**

Sprechen Sie uns jederzeit gerne an!
www.optik-bb.de

Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH
Fasanenstraße 85
10623 Berlin
www.berlin-partner.de
Twitter: @BerlinPartner

Ansprechpartner:
Gerrit Rössler
Tel +49 30 46302 456
gerrit.roessler@berlin-partner.de

ZAB ZukunftsAgentur Brandenburg GmbH
Steinstraße 104-106
14480 Potsdam
www.zab-brandenburg.de

Ansprechpartner:
Dr. Anne Techen
Tel +49 331 660 3271
anne.techen@zab-brandenburg.de

OpTecBB e.V.
Rudower Chaussee 25
12489 Berlin
www.optecbb.de/en

Ansprechpartner:
Dr. Frank Lerch
Tel +49 30 63921728
lerch@optecbb.de

EUROPÄISCHE UNION
Europäischer Fonds für regionale Entwicklung

Herausgegeben von Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH in Kooperation mit der ZAB ZukunftsAgentur Brandenburg GmbH im Auftrag der Berliner Senatsverwaltung für Wirtschaft, Technologie und Forschung und des Ministeriums für Wirtschaft und Energie des Landes Brandenburg. Gefördert aus Mitteln der Länder Berlin und Brandenburg und der Investitionsbank Berlin, kofinanziert von der Europäischen Union – Europäischer Fonds für Regionale Entwicklung.