

Von Superlasern und Biochips

Die Forschungsregion Jena

Jena hat eine große wissenschaftliche Tradition – das gilt schon lange. Doch seit einigen Jahren hat die Region auch wieder eine große Zukunft als Hightech-Standort. Dreh- und Angelpunkt ist die Jenaer Friedrich-Schiller-Universität – auch für zwei erfolgreiche Initiativen aus den Bereichen Optik/Photonik und Life Sciences.

Ab und an wiederholt sich Geschichte. Ähnlich wie sich in den letzten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts Jena zum wichtigsten Zentrum der optischen Forschung und Industrie aufschwung, steht die thüringische Universitätsstadt kurz davor, diesen Kraftakt erneut zu schaffen. Die Voraussetzungen dafür sind optimal: „Die Beherrschung von Licht in allen seinen Eigenschaften spielt die bestimmende Rolle bei den Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts“, berichtet Professor Andreas Tünnermann. Der Multiwissenschaftler leitet an der Universität Jena das Institut für Angewandte Physik und in Personalunion das Jenaer Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik (IOF). Er erkannte schon früh, dass die gesamte Region den idealen Nährboden bietet, um an die erfolgreiche Vergangenheit der optischen Forschung und Industrie anzuknüpfen, die vom 19. Jahrhundert bis – mit Einschränkungen – zu DDR-Zeiten andauerte.

Zu neuem Leben erwacht

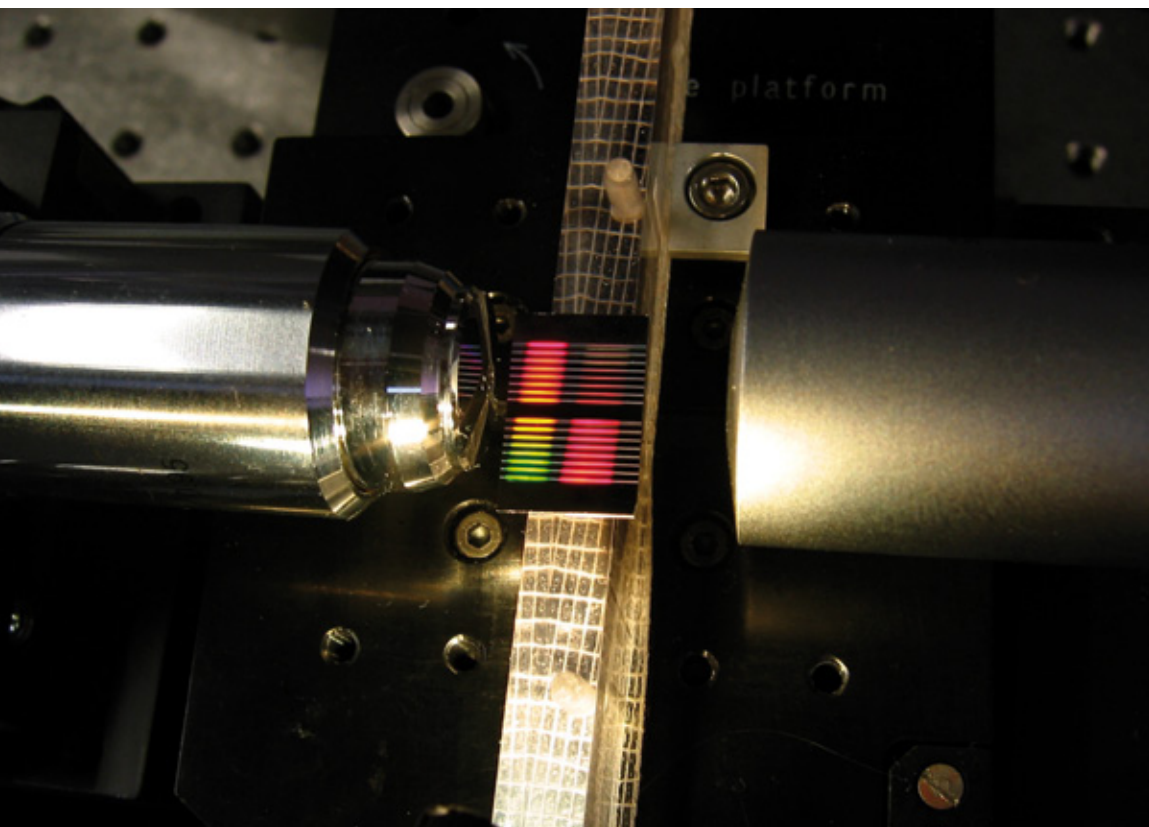
Zudem war und ist Tünnermann noch immer Spiritus Rector und eminent

wichtiger Antreiber bei der Wahrnehmung dieser Chancen. Bereits Ende der neunziger Jahre legte er in einem gemeinsamen Strategieprozess die Marschrichtung der optischen Industrie und Wissenschaft mit fest, die in Jena wieder zu neuem Leben erwacht waren. Der Schwerpunkt neuer Entwicklungen sollte – basierend auf der immensen Erfahrung einer erfolgreichen Vergangenheit – auf dem Gebiet der Optik und Photonik liegen.

Zahlreiche mögliche neue Anwendungsgebiete der Technologie in den Bereichen Umweltschutz, Energie, Gesundheit und Kommunikation bahnten sich an und sollten der Region riesige Chancen eröffnen. Hier nur ein paar Beispiele: Licht wird in Netzwerken die Informationstechnologie revolutionieren. Es wird selbstlernend durch Steuerung chemischer Prozesse an einzelnen Molekülen so genannte Designermoleküle für neue Arzneimittel synthetisieren. Licht wird vollkommen neue minimalinvasive, also schonende, Diagnose- und Therapieverfahren in der Medizin ermöglichen. Es wird zu höchstauflösenden Mess- und Mikroskopieverfahren und für ganz neue Sensoranwen-

Prof. Dr. Thomas Pertsch,
Professor für Angewandte
Physik an der Friedrich-
Schiller-Universität Jena





dungen genutzt werden. Und extrem kurzwelliges Licht wird bei der Herstellung der nächsten Generationen von Rechnerschaltkreisen eine Hauptrolle spielen.

Wie einst Carl Zeiss

Im Jahr 2002 bewarb sich Professor Tünermann mit einem Forschungsprojekt als „Zentrum für Innovationskompetenz“ (ZIK) im Rahmen der BMBF-Innovationsinitiative Unternehmen Region. Der Name seines Projektes: ultra optics. Seine Aufgabe: neuartige Konzepte zur Kontrolle von Licht zu entwickeln und diese mit Partnern aus Wissenschaft und Industrie in neuen Verfahren und Produkten umzusetzen und zu verwerthen. „Damit sollten die Grundlagen für

eine nachhaltige wirtschaftliche Entwicklung der Optikindustrie in der Region Jena gelegt werden“, sagt Tünermann heute.

Dass Wissenschaft schon immer der Motor des technisch-industriellen Fortschritts gewesen ist, zeigt eine Parallele aus Jenas Wirtschaftsgeschichte des 19. Jahrhunderts. Carl Zeiss hatte sich als Ziel gesetzt, die feinmechanisch-optische Produktion zu revolutionieren, doch seine handwerklichen Fähigkeiten reichten nicht aus. Deshalb suchte er einen Wissenschaftler – den er in Professor Ernst Abbe fand. 1866 beauftragte Zeiss den Physiker mit der wissenschaftlichen Fundierung des Mikroskopbaus. So wurde mit Abbes Hilfe aus einem Handwerksbetrieb das Großun-

Spektrale Lichtaufspaltung in einem nanostrukturierten Photonischen Kristall.

ternehmen Zeiss. Auch das weltberühmte hitzebeständige Jenaer Glas wurde zuerst in einem wissenschaftlichen Labor entwickelt, bevor es in die industrielle Produktion ging. Gründer dieser „Glstechnischen Versuchsanstalt Schott und Gen.“ waren der Chemiker und Glstechniker Otto Schott sowie Carl Zeiss und Ernst Abbe. Aus dem Laboratorium entstand Jahre später das Jenaer Glaswerk „Schott & Gen.“, das schließlich zum Großunternehmen wurde.

Vom Strategiekonzept zum Aushängeschild

Eine besondere Herausforderung war die Vorgabe des ZIK-Programms, Juniorprofessuren zu schaffen. In eigenen Arbeitsgruppen sollten die Nachwuchswissenschaftler ihre interdisziplinären Forschungsprojekte unabhängig verwirklichen. Dadurch soll diesen Forschungszentren neues wissenschaftliches Know-how zufließen, so dass die internationale Reputation der Zentren wächst. Zuvor sollten jedoch Strategiekonzepte zur Etablierung dieser flexibel agierenden, auch im internationalen Vergleich leistungstarken Zentren in den Neuen Ländern entwickelt werden. Nach der erfolgreichen Bewerbung nahm das ZIK seine Arbeit auf. Sprecher wurde konsequenterweise Andreas Tünnermann. Von Anfang an besetzte ultra optics durch die Vereini-

gung von Laserphysik und Nanooptik ein völlig neues Forschungsgebiet in der deutschen Wissenschaftslandschaft. Und dieser unkonventionelle Ansatz führte zum Erfolg: Ultra optics wurde zum Aushängeschild der Grundlagenforschung der Universität Jena, die sich durch die Verflechtung mit der Optikindustrie zu einem Innovationsmotor der Region entwickelte.

300 Veröffentlichungen, 5 Juniorprofessuren und 1 Petawatt

Das Programm ZIK setzte einen Strategieprozess in Gang, der eine Neustrukturierung des Forschungsgebietes Optik und Photonik an der Universität Jena bewirkte. Heute ist ultra optics ein Synonym für erfolgreiche Forschung an der Friedrich-Schiller-Universität in Jena. Und noch viel wichtiger: Es steht auch exemplarisch für erfolgreiche Forschung, umfangreiche Zusammenarbeit zwischen Forschungseinrichtungen und Wirtschaft sowie für innovative Studiengänge. Nur ein Beispiel: Seit der Gründung des ZIK haben seine Mitarbeiter über 300 Beiträge in wissenschaftlichen Zeitschriften publiziert.

Entwicklungsanstöße des Zentrums führten zur Einrichtung bedeutender außeruniversitärer Forschungsinstitute oder zu Netzwerken zwischen Forschung und Wirtschaft. Prominente Beispiele sind zum Beispiel die Grün-

Einjustieren eines Lasers zur Herstellung hochintensiver ultrakurzer Pulse.

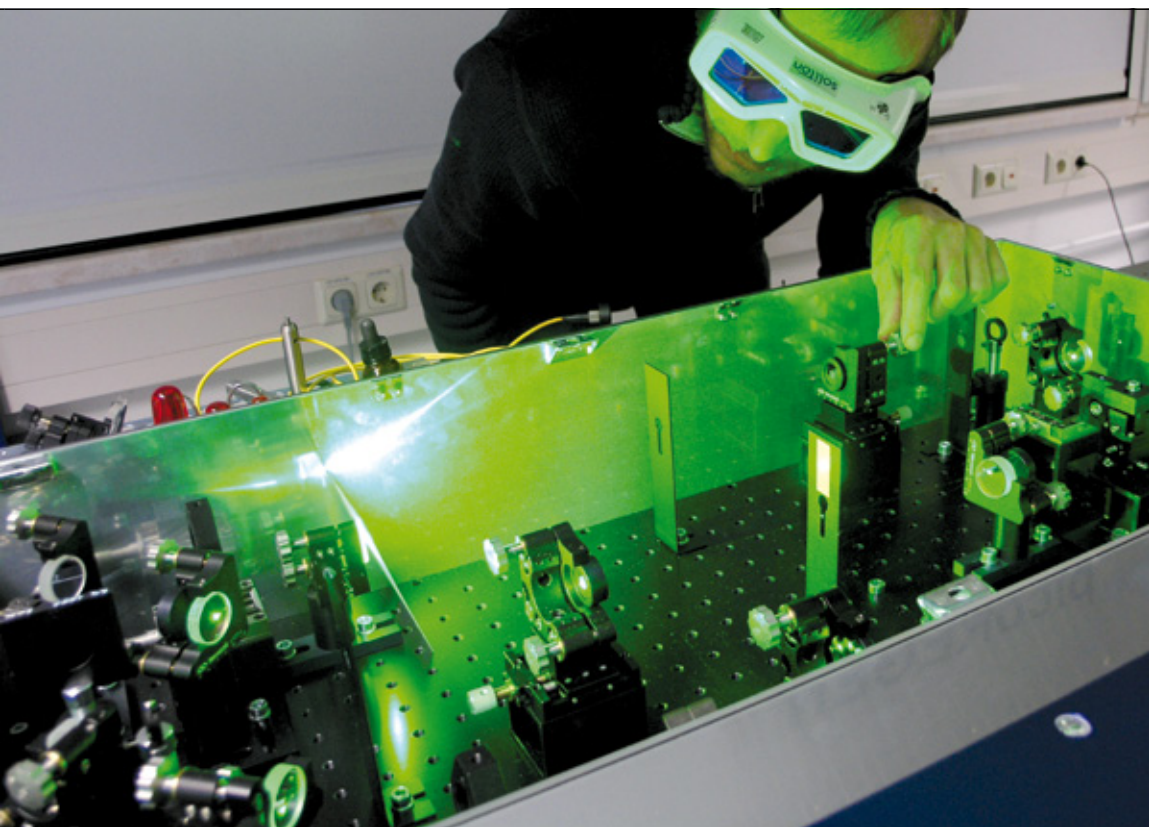
derung des Helmholtz-Instituts Jena oder die Netzwerke PhoNa - Photonic Nanomaterials, OptiMi - Competence Triangle Optical Microsystems oder onCOOPtics – High-Intensity Laser for Radiation Oncology. Diese Netzwerke wurden zum Teil entweder von den jungen Nachwuchswissenschaftlern selbst initiiert oder diese sind an maßgeblicher Stelle daran beteiligt.

Am Zentrum ultra optics der Universität Jena wurden seit dem Start der Förderung als Zentrum für Innovationskompetenz fünf Juniorprofessuren eingerichtet. Stellvertretend für alle fünf seien hier drei Beispiele genannt. Unter Leitung des Nachwuchswissenschaftlers Malte Kaluza entwickelte das Polaris-Team eine neue Lasertechnologie. Das Besondere daran ist die Kombination von Leistung, Pulsenergie und Wiederholrate des Lasers. Mit Polaris können die Wissenschaftler die gewaltige Laserleistung von 100 Terrawatt auf eine bestimmte Stelle konzentrieren. Für die Zukunft ist sogar 1 Petawatt geplant – eine Leistung, wie wenn man jeden Menschen auf der Erde mit 1.400 Einhundert-Watt-Lampen ausstatten würde. Zudem ist die Abgabe dieser Leistung sehr viel häufiger als bisher möglich – nämlich alle zehn Sekunden. Zum Vergleich: Herkömmliche Laser schaffen das nur alle 20 bis 30 Minuten.

Ziel ist es, mit Hilfe des Superlasers Teilchenstrahlen noch exakter dosieren zu können. So sollen Tumore in heute noch schlecht zugänglichen Bereichen wie Kopf oder Brustkorb punktgenau getroffen und damit die Heilungschancen verbessert werden. Bis Polaris für die Strahlentherapie eingesetzt werden kann, müssen die Wissenschaftler aber noch in zahlreichen Versuchen Eigenschaft und Stärke der neuen Strahlung bestimmen. Schätzungen zufolge kann das neue Therapieverfahren dann in zwölf bis 15 Jahren eingesetzt werden.

Spin-off mit Kraftpaketen

Eine weitere Erfolgsgeschichte ist die von Jens Limpert. Der Wissenschaftler erforscht und entwickelt neue Anwendungen auf dem Gebiet der Faserlaser. Dabei dient eine Glasfaser, die gespickt ist mit speziellen chemischen Elementen, als Lichtquelle. Die ersten Faserlaser wurden bereits 1963 gebaut, also nur drei Jahre nach der Realisierung des ersten Lasers überhaupt. Doch erst in den letzten Jahren wurden die wissenschaftlichen Fortschritte gemacht, die Faserlaser zu regelrechten Kraftpaketen machen. Ihre Stärke: Sie feuern extrem schnelle Salven aus Laserblitzen ab, bis zu eine Million Mal pro Sekunde. Die Vorteile beschreibt Limpert: „Die Bearbeitung und die Prozessgeschwindigkeit sind gestiegen. Um mit einem konventionellen Laser ein Loch zu boh-

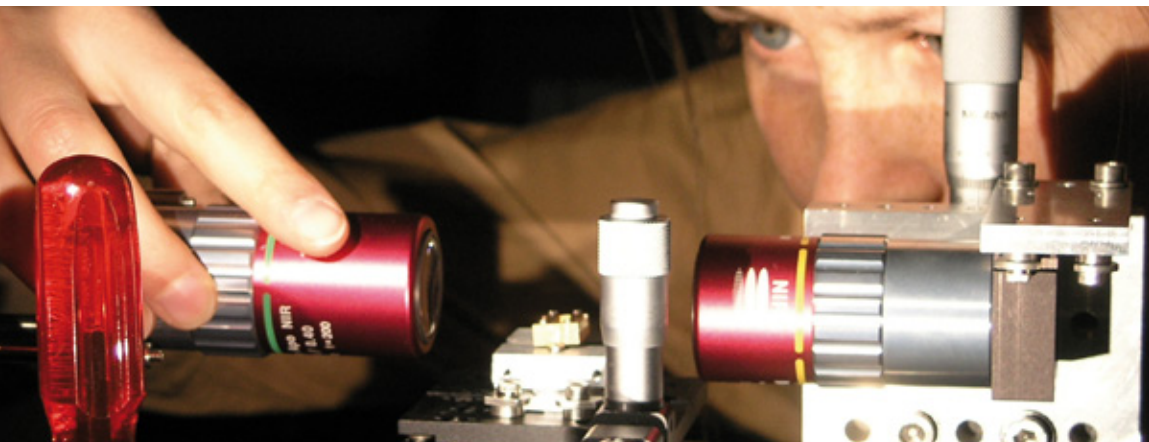


ren, brauchte man vor fünf Jahren einige Minuten. Das machen wir heute in einem Bruchteil von Sekunden.“

Heute ist diese Technologie bereit für die Entwicklung im industriellen Einsatz. Diese Chance will auch der Wissenschaftler Jens Limpert nutzen – und gründete sein eigenes Unternehmen. Die Active Fiber Systems GmbH ist ein Spin-Off des Fraunhofer-Instituts IOF Jena und des Instituts für Angewandte Physik der Universität Jena. Mittlerweile beschäftigt die Ausgründung drei Mitarbeiter mit der Aufgabe, Lasersysteme für wissenschaftliche und industrielle Anwendungen zu entwickeln.

Der Kracher für die Region Jena

Eine weitere wichtige Rolle unter den Nachwuchsforschern spielt Thomas Pertsch. Der 39-Jährige, der inzwischen eine W2-Professur am Institut für Angewandte Physik der Friedrich-Schiller-Universität hat, forscht mit einer Arbeitsgruppe von 20 Leuten am ZIK ultra optics. „Für meine persönliche Entwicklung war die Gründung des ZIK das herausragende Ereignis“, erzählt Professor Pertsch, der völlig neue optische Materialien entwickeln will. „Damit können wir Licht kontrollieren mit Freiheitsgraden, die bisher vollkommen unerreichbar erschienen“, erklärt er. „Mit unseren neuen Materialien kann ich theoretisch ein optisches Mikroskop bauen, das ein unendlich hohes Auf-



lösungsvermögen hat. Das wäre für so einen Standort wie Jena der Kracher, wenn Zeiss ein Mikroskop bauen könnte, das ein 100 Mal höheres Auflösungsvermögen hätte als jedes andere Mikroskop auf der Welt.“ Allerdings ist es bis dahin noch ein langer Weg, räumt Pertsch ein.

Es gibt aber auch Ideen, deren Umsetzung in nicht allzu weiter Ferne liegt. Professor Pertsch und sein Team sind etwa dabei, einen optischen Chip zu entwickeln. Allein durch die Strukturierung des Materials – in den meisten Fällen ist das Gold – sollen elektrische und optische Eigenschaften zum Beispiel für die digitale Fotografie kombiniert werden. „Durch die Strukturierung des Goldes können wir jetzt aus dem Elektronikchip einen Farbchip machen. So was baut noch keiner. Wir brauchen da auch noch ein bisschen Zeit, aber das wird wahrscheinlich passieren“, erläutert er.

Diese Zeit bekommt Pertsch. Das ZIK ultra optics wird für weitere fünf Jahre gefördert, ebenso ein neues Forschungsvorhaben, das er leitet. Das Projekt heißt „Photonic Nanomaterials“, ist eine Erweiterung seiner Forschungsar-

beit bei ultra optics und wird im Rahmen des Programms „Spitzenforschung und Innovation in den neuen Ländern“ ebenfalls vom BMBF finanziert.

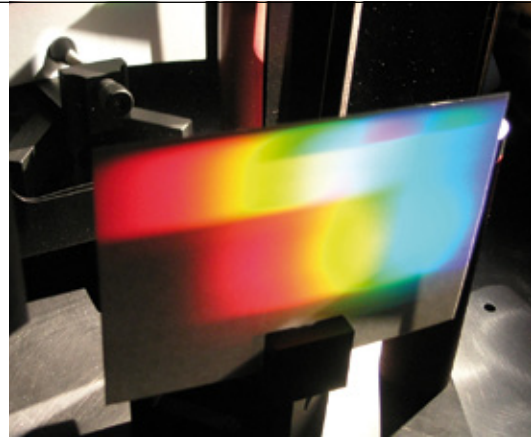
Attraktives Angebot für Studenten – und Wissenschaftler

Neben der Grundlagenforschung auf dem Gebiet der Optik sowie der wirtschaftsnahen Forschung am Fraunhofer-Institut ist auch die Lehre auf diesem Gebiet naturgemäß eine besondere Stärke der Universität Jena. Um sie weiter auszubauen, hat Professor Pertsch einen internationalen Studiengang für Optik und Photonik an der Jenaer Universität organisiert. „Wir haben ein großes Stipendienprogramm an die Uni bekommen und haben die Lehrstruktur total verändert“, berichtet er stolz. Hatte die Universität im Studiengang Physik bisher 60 Absolventen pro Jahr, bietet sie jetzt ein internationales Master-Programm, in dem zusätzlich 40 Studentinnen und Studenten aus aller Welt Optik und Photonik studieren. Das Angebot zeigt Erfolg: Aus insgesamt 27 Ländern kommen die ausländischen Studierenden in die deutsche Universitätsstadt. Den Ruf der Aufstiegsuniversität hat sich die Alma



Links: Charakterisierung photonischer Nanomaterialien.

Rechts: Beugungsbild eines nanostrukturierten optischen Gitters, welches die Spektralanteile des Lichtes in seine verschiedenen Farben aufspaltet.



Mater wie zu Zeiten eines Zeiss, Abbe und Schott schon lange wieder verdient. Ihr gutes Image zieht zahlreiche junge Wissenschaftler nach Jena oder hält sie dort. Ein wichtiges Mittel, das zur Bereicherung der optischen Industrie beiträgt, ist der rege Austausch zwischen Unternehmen, Forschungsinstituten und Universität.

Eine tragende Rolle spielt die Universität Jena etwa auch beim Netzwerk OptoNet. Es bündelt die Interessen von derzeit 92 Unternehmen, Forschungs- und Bildungseinrichtungen, Kapitalgebern und öffentlichen Einrichtungen. Ihr gemeinsames Ziel ist es, die Optischen Technologien voranzubringen. Die traditionsreiche Optikregion in Thüringen gehört dabei zu den erfolgreichsten „Optical Valleys“ Europas. OptoNet koordiniert auch das deutschlandweite Projekt CoOPTICS – Cooperative in Optics, das Universitäten, außeruniversitäre Forschungseinrichtungen und Unternehmen noch besser vernetzen will. „Die Jobrotation zwischen diesen drei Playern ist inzwischen selbstverständlich geworden“, berichtet Professor Tünnermann. So hat die Universität Jena schon heute an ihre lange Tradition im Bereich Optik angeknüpft

und ist auf dem besten Weg, sich erneut zum wichtigsten Zentrum der optischen Forschung und Industrie zu entwickeln – ein Ziel, zu dem sich Jenaer Forscher auf einem ganz anderen Gebiet gerade auf den Weg gemacht haben.

Biochips – gegen Blutvergiftung und Gammelfleisch

Bei einer Blutvergiftung bleibt nicht viel Zeit. Beginnt erst einmal die Entzündung eines Organs über die Blutbahn auf andere Körperteile überzugreifen, kann das schon nach wenigen Stunden tödlich enden. Biochips helfen den Medizinern, die Krankheit schneller als mit den bisher üblichen und langwierigen Laboruntersuchungen zu erkennen. Grund für das beschleunigte Verfahren: Mit Biochips können Biomoleküle anhand ihrer Reaktion mit so genannten Fänger-molekülen in kurzer Zeit analysiert werden. Gleichzeitig kann eine Vielzahl von Biomolekülen gleichzeitig untersucht werden, da sich viele unterschiedliche Fänger-moleküle auf einer Chipoberfläche befinden.

Wissenschaftler der Universität Jena wollen die bereits in der Medizin und

Mit diesem kleinen Chip sollen in Zukunft Bakterien, Viren und andere biologische Kontaminationen schnell und spezifisch nachgewiesen werden.

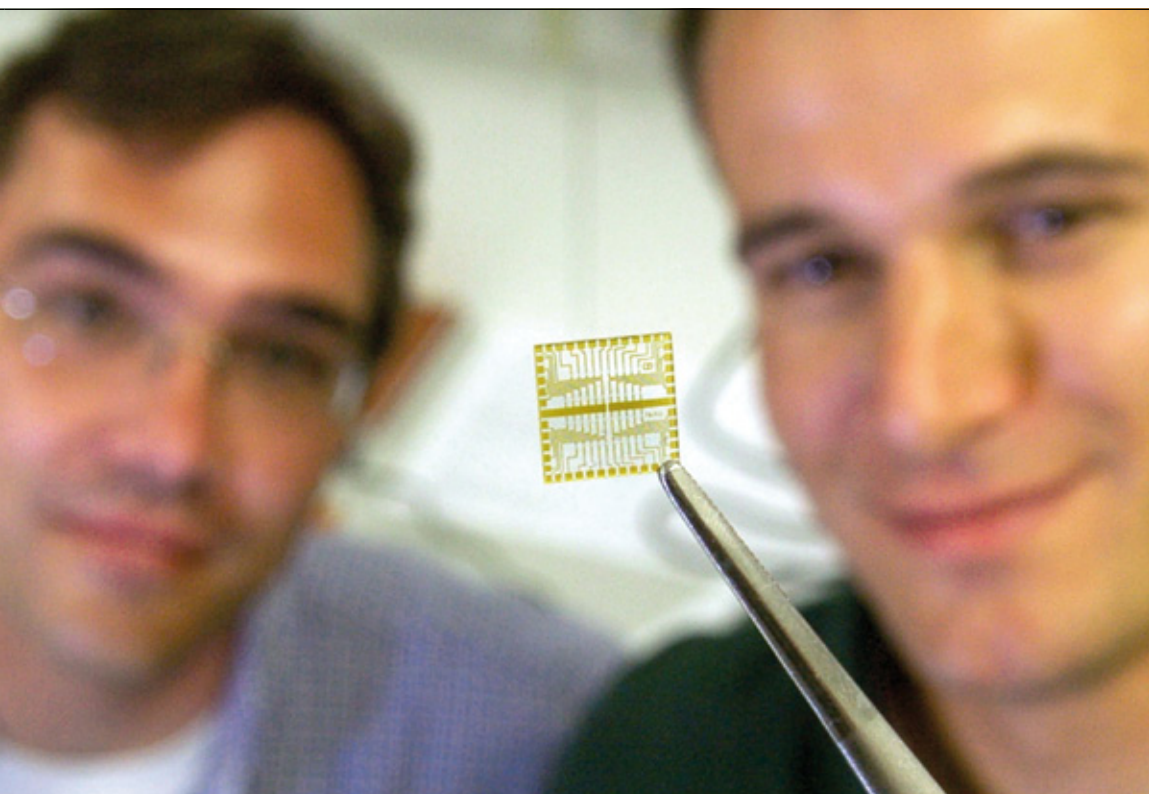
der Grundlagenforschung etablierte Biochip-Technik nun um neue Möglichkeiten der lichtgestützten Auswertung erweitern. Ihre Jenaer BioChip Initiative (JBCI) wird dafür seit 2005 durch das Programm „InnoProfile“ unterstützt, mit dem das BMBF gezielt lokale Bündnisse aus Unternehmen und Wissenschaft fördert, die das Wirtschaftswachstum der Region stärken. Neben 17 weiteren Initiativen setzten sich die Jenaer unter 109 Bewerbern der ersten Förderrunde durch. Unter der Leitung von Dr. Robert Möller, Biochemiker am Institut für Physikalische Chemie, ging es im April 2006 an der Friedrich-Schiller-Universität los; die Laufzeit betrug vier Jahre. Ziel sollte es sein, die biologischen Prüfer auch in Chemie und Pharmazie sowie in Ernährungs- und Umweltanalyse einsatzfähig zu machen.

Schon heute können Biochips zum Beispiel einfach, schnell und automatisiert Verunreinigungen im Wasser oder im Fleisch nachweisen – also etwa Frisch- von „Gammelfleisch“ unterscheiden. „Der immense Vorteil dieser Methode liegt in der so genannten Point-of-Care-Analytik“, sagt Professor Jürgen Popp, Direktor des Instituts für Photonische Technologien an der Universität Jena. „Die Proben können ohne zeit- und kostenaufwendige Laboranalysen direkt vor Ort ausgewertet werden“, erläutert der Initiator und Mentor der Initiative.

Etappen Erfolg durch intensive Kooperation

Das Ziel war den Forschern klar: die Entwicklung kleiner, robuster und kostengünstiger Analysesysteme mit innovativen Verfahren, die eine automatische und schnelle Untersuchung selbst kleinster Mengen außerhalb von spezialisierten Laboren ermöglichen. Dafür setzte die Jenaer BioChip Initiative voll auf die Zusammenarbeit mit der Wirtschaft. Personeller Kern des Projekts war eine Nachwuchsforscherguppe, die aus einem Postdoktoranden, drei Doktoranden, einem Ingenieur und einem technischen Mitarbeiter bestand.

Durch intensiven Personalaustausch wurde die Zusammenarbeit der Gruppe mit den in der Region Jena zahlreich vertretenen Bioanalytik-Unternehmen sowie durch industrielle Weiterbildungsangebote vorangetrieben. Die Nachwuchswissenschaftler entwickelten ihr Projekt in enger Zusammenarbeit mit Firmen wie Analytik Jena, Dyo-mics, Clondiag und Beutenberg Diagnostics, aber auch mit Unternehmen aus Erfurt, Halle und Bad Köstritz, und nutzten die Erfahrung der Unternehmen auf dem Biotechnologiemarkt. So kooperierten die Wissenschaftler für den Legionellen-Nachweis mit der Firma Scanbec aus Bitterfeld, einem jungen Biotechnologie-Unternehmen, das



innovative Schnelltestsysteme zum Nachweis von Mikroorganismen im Life-Science-Bereich entwickelt und produziert. Für den Nachweis von Bauschädlingen setzten die Jenaer indes auf die Zusammenarbeit mit dem Privatinstitut für Innenraumtoxikologie Dr. Blei GmbH in Jena.

Umgekehrt bildete das Institut für Physikalische Chemie auch Mitarbeiter der an der Jenaer BioChip Initiative beteiligten Firmen weiter – etwa im Bereich der Spektroskopie oder im Bereich Nano- und Nanobiotechnologie. Besonders Augenmerk legten die Forscher auf die unterschiedlichen Probleme der jeweils vorgesehenen neuen Einsatzgebiete. „Nur so können die Biochips ihr volles Potenzial in der alltäglichen Diagnostik entfalten“, kommentiert Möl-

ler. Zudem mussten sie die Einfachheit und Robustheit des Verfahrens sowie günstige Produktionskosten im Auge halten, um das Fernziel einer industriellen Fertigung nicht aus den Augen zu verlieren. Ein wichtiger Etappenerfolg wurde bereits verbucht: Die Gruppe von Dr. Robert Möller entwickelte einen Biochip, der in der nächsten Phase zu einem Prototypen weiter entwickelt werden und schließlich auch in die industrielle Fertigung gehen soll.

Das InnoProfile-Projekt Jenaer Biochip Initiative und das ZIK ultra optics sind nur zwei Beispiele vom High-Tech-Standort Jena 2010. Auch dank Ihnen hat die Forschungsregion Jena nicht mehr nur eine lange Tradition – sondern auch eine große Zukunft. Diese Zukunft hat längst begonnen.