

**20 JAHRE  
FRAUNHOFER IOF**

# INHALT

Zukunftsvisionen .....	4
Interview mit Prof. Dr. Andreas Tünnermann	
Grußworte .....	10
Von den Anfängen .....	18
Interview mit Prof. Dr. Max Syrbe und Prof. Dr. Wolfgang Karthe	
Streiflichter aus 20 Jahren .....	27
20 Jahre Lösungen mit Licht .....	65
Forschungsschwerpunkte	
Fakten aus 20 Jahren .....	90
Impressum .....	92

# ZUKUNFTSVISIONEN...

PROF. DR. ANDREAS TÜNNERMANN



Andreas Tünnermann, geboren 1963, leitet das Fraunhofer IOF seit 2003. Der promovierte Physiker war zunächst am Laser Zentrum Hannover e.V. als Leiter der Laserentwicklung tätig. Im Jahr 1997 habilitierte er sich und nahm 1998 einen Ruf an die Friedrich-Schiller-Universität Jena an, wo er seither den Lehrstuhl für Angewandte Physik innehat.

## Herr Tünnermann, was hat Sie gereizt, 2003 die Leitung des Fraunhofer IOF zu übernehmen?

Ich fühle mich wissenschaftlich in der angewandten Forschung zuhause und sehe zudem die dringende Notwendigkeit, gute Ideen bis zur Umsetzung weiterzuentwickeln. Hier hat die Tätigkeit an einer Universität ihre Grenzen. Gerade die Möglichkeit der angewandten und auch industrienahen Forschung hat mich am Fraunhofer IOF besonders gereizt. Rückblickend sind meine Erwartungen voll erfüllt worden – es ist uns mehrfach gelungen, über Ausgründungen oder in Kooperation mit Unternehmen Innovationen am Markt zu platzieren.

## Welche Ziele hatten Sie sich damals für das Fraunhofer IOF gesetzt?

Eines meiner strategischen Ziele war, die Verbindung zur Universität auszubauen und so den Transfer von Wissen und Personen in beide Richtungen zu optimieren. Beides ließ sich in verschiedenen Feldern sehr schnell umsetzen.

So haben wir beispielsweise frühzeitig am Fraunhofer IOF eine Gruppe aufgebaut, die sich mit Faserlasern beschäftigt. Diese Gruppe hat sich sehr gut etabliert und führt am IOF Projekte durch, die an der Universität in dieser Form aufgrund der weniger komplexen Infrastruktur nicht machbar wären. Ähnliches gilt für die Terahertzspektroskopie und -tomographie. Hier hatten wir uns an der Universität mit der Entwicklung entsprechender Quellen beschäftigt. Am IOF bot sich dann die Möglichkeit, verschiedene Anwendungsfelder zu bearbeiten. Auch das hat sich sehr gut entwickelt. Ein drittes wichtiges Thema ist die mikro- und nanostrukturierte Optik. Damals gab es je eine starke Gruppe an der Universität und bei Fraunhofer. Schon im Vorfeld meiner Tätigkeit beim IOF haben wir uns abgestimmt und auf beiden Seiten komplementäre Kompetenzen aufgebaut. Heute belegen wir in der Kombination von beiden Instituten in Deutschland und international eine sehr gute Position und füllen dieses Kompetenzfeld hervorragend

aus. Insgesamt sind Universität und IOF heute wesentlich besser vernetzt. Diese enge Verbindung ist auch innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft etwas Besonderes.

## Wie sehen Sie rückblickend die Entwicklung des Fraunhofer IOF? Was waren die wichtigsten Entwicklungsschritte in den letzten 20 Jahren?

Der erste große Schritt war sicherlich die vorfristige Gründung des IOF als Fraunhofer-Institut. Das IOF wurde 1992 als Fraunhofer-Einrichtung ins Leben gerufen. Ursprünglich war eine Übergangsphase von typischerweise fünf Jahren geplant. Doch das IOF erfüllte schon 1995, also nach nur drei Jahren, die Kriterien für ein Fraunhofer-Institut, d.h. eine unabhängige Einrichtung innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft. Eine solche Institutsgründung ist immer an die Erfüllung bestimmter Kenndaten gekoppelt, die sich auf einen bestimmten Ertrag in Projekten mit Industrieunternehmen beziehen und eine Gesamtfinanzierungsquote voraussetzen. Dass das IOF diese Erfordernisse so schnell erfüllen konnte, ist maßgeblich den Personen der ersten Stunde zu verdanken und zeigt, wie gut die Anbindung des Instituts in der Region von vornherein funktionierte. Es gelang damals sehr schnell, qualifiziertes Personal zu gewinnen und größere Projekte zu akquirieren. So wurde auch innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft klar, dass

sich hier eine gewisse Kontinuität realisieren ließ. Der nächste entscheidende Schritt war die frühzeitige Planung des Neubaus durch die Fraunhofer-Gesellschaft. Diese Entscheidung fiel schon 1998, der Umzug fand 2002 statt. Das war eine klare Investition in die Zukunft, sowohl von der Fraunhofer-Gesellschaft als auch vom Land Thüringen, denn das Land finanzierte die Investition mit 50 %. Entscheidend ist zudem, dass es uns gelungen ist, die regionale Industrie als Partner zu gewinnen. Zu Anfang standen beim IOF eher Projekte mit größeren, auch bundesweiten Einrichtungen an. Mittlerweile ist der Anteil an Projekten mit Partnern aus der Region extrem angestiegen, auf etwa 40 % der Gesamtindustrieprojekte, d.h. rund 15 % des Gesamtetats. Auch diese enge regionale Anbindung ist eine Besonderheit innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft. Als weiterer bedeutender Schritt kommt, wie bereits erwähnt, die sehr enge Kooperation mit der Universität hinzu.

## Wo steht das Fraunhofer IOF heute? Wie sehen Sie die Bedeutung des Instituts, regional und überregional?

Entscheidend ist: Das IOF wird durch seine Mitarbeiter geprägt. Auch in der Außenwirkung geht es nicht um die Einrichtung als solche, sondern um bestimmte Kompetenzfelder, die durch unsere Mitarbeiter ausgefüllt werden.

Ein strategisch wichtiger Aspekt ist, dass wir innerhalb der optischen Technologien national und international eine sehr starke Position im Bereich optischer Systeme besetzen.

Wir decken heute die gesamte Kette vom Optikdesign über die Herstellung von Komponenten bis hin zur Integration in komplette Systeme ab. Das können wir bei der Entwicklung von Optiken für Satellitensysteme oder Mobiltelefone ebenso wie für Faserlasersysteme zur Materialbearbeitung.

Dazu haben wir unsere personellen Kompetenzen gezielt interdisziplinär ausgebaut und auch im Bereich Großgeräte stark investiert. So schafft zum Beispiel der neue Erweiterungsbau, der 2011 bezogen wurde, die infrastrukturellen Voraussetzungen für den nächsten Schritt. Damit können wir beispielsweise den Bereich der High-End-Optiken für Weltraumsysteme in einer neuen Qualität ausbauen.

Derzeit findet in der Gesellschaft ein Umdenken statt, von reinen Technologien hin zu Lösungsbeiträgen. Deshalb spielt auch das Thema »Green Photonics« für das IOF eine große Rolle, also die Entwicklung nachhaltiger Lösungen auf der Basis von Licht in den Bereichen Energie, Umwelt oder Klima. Dieses Thema vernünftig zu besetzen, ist meines Erachtens wichtig für die langfristige Perspektive des Instituts.

Dass das Fraunhofer IOF national und international derart gut aufgestellt ist, verdanken wir maßgeblich unseren Mitarbeitern

und Zuwendungsgebern. Ihnen möchte ich an dieser Stelle für ihr Engagement und ihre Unterstützung danken.

#### **Worin sehen Sie die Vorteile des Fraunhofer IOF gegenüber anderen Instituten?**

Ein bedeutender Vorteil ist das breite Spektrum an Aktivitäten hier am Fraunhofer IOF. Da wir Systeme entwickeln, sind wir prädestiniert dafür, Lösungen für die erwähnten Fragen anzubieten. Hier hat sich das Konzept, Optik und Feinmechanik in einem Institut zu verbinden, als sehr guter strategischer Ansatz erwiesen. Dadurch adressieren wir verschiedenste Märkte, was uns 2008 und 2009 sehr geholfen hat, da wir nicht von einem Markt abhängig waren.

Dieses breite Spektrum führt auch dazu, dass unsere Mitarbeiter ihre persönliche Perspektive im Institut sehen. Es ist uns gelungen, zusammen mit der Universität eine nachhaltige, langfristige Personalpolitik zu gestalten und für unsere Mitarbeiter attraktive Möglichkeiten zu schaffen.

#### **Was sind die wichtigsten Aufgaben und Herausforderungen für die künftige Entwicklung des Fraunhofer IOF?**

Derzeit versuchen wir, Industriekunden langfristig an uns zu binden, zum Beispiel durch neue Modelle der Zusammen-

arbeit. Ziel ist es, nicht nur projektbasiert zu kooperieren, sondern eine solche Kontinuität in der Zusammenarbeit zu entwickeln, dass die Forschungseinrichtung quasi ein Teil der Zuliefererkette im Unternehmen wird. So eine Zusammenarbeit ist langfristig nachhaltiger und trägt zur Zukunftssicherung des Instituts bei.

Eine weitere Herausforderung ist die Frage, inwieweit der Finanzierungsmix der Fraunhofer-Gesellschaft in Zukunft noch trägt – ob die angewandte Forschung weiterhin über die öffentliche Hand gefördert wird. Wir müssen uns darauf vorbereiten, uns unter Umständen finanziell anders aufzustellen. Beides funktioniert nur, wenn wir unsere Kompetenzfelder weiterentwickeln und Themen so kompetent besetzen, dass wir einen Mehrwert in den Unternehmen erzeugen.

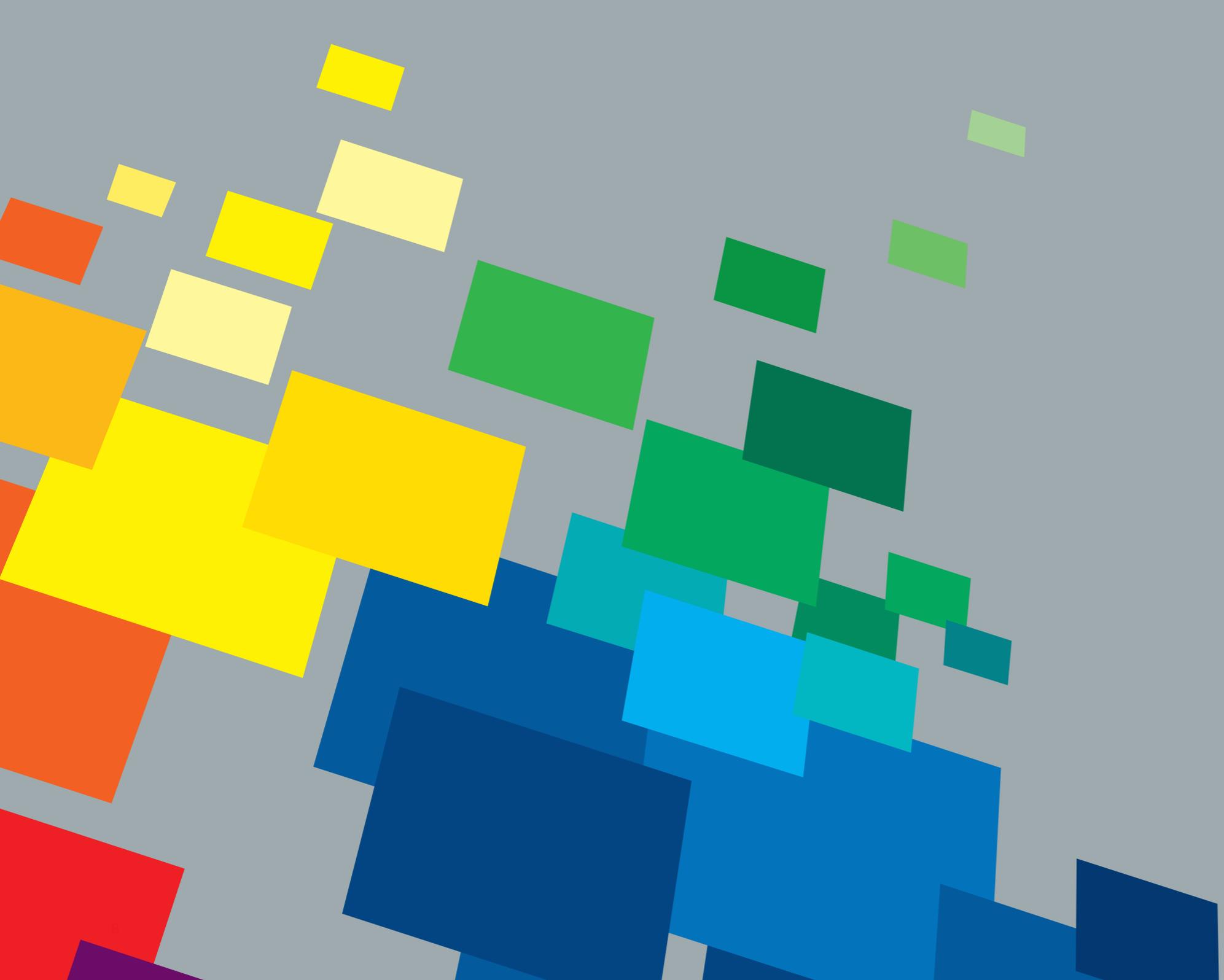
#### **Wo sehen Sie heute technische Grenzen, zu deren Überwindung das Fraunhofer IOF künftig neue Lösungen beitragen kann?**

Ein langfristiges Zukunftsthema ist die Lithographie, also die Frage, wie die Elektronikbausteine der Zukunft gebaut werden. Hier entwickeln wir im Rahmen eines europäischen Projekts neue Lichtquellen und optische Komponenten im sehr kurzwelligen Spektralbereich. Je kurzwelliger die Lichtquelle, desto kleinere Strukturen lassen sich damit realisieren.

Das Fraunhofer IOF verfügt gemeinsam mit dem Institut für Angewandte Physik der Friedrich-Schiller-Universität Jena über hervorragende Kompetenzen auf den Gebieten Lasertechnik sowie Mikro- und Nanostrukturtechnik, um Lösungen jenseits der 13-Nanometer-Lithographie zu entwickeln.

Ein weiteres Thema ist die netzunabhängige Energieübertragung. Auch da beschäftigen wir uns im Rahmen eines internationalen Konsortiums mit Vorlaufthemen, in denen untersucht wird, inwieweit man mit Hochleistungslasern Energie übertragen kann. Konkret wird zum Beispiel diskutiert, ob man Satelliten oder Raumstationen mit Hilfe eines Laserstrahls mit Energie versorgen oder Solarfelder in bestimmten Umlaufbahnen aufbauen und die Energie zur Erde oder zu einem anderen Satelliten schicken kann. Hier spielt die Faserlasertechnik eine wichtige Rolle, denn sie bietet die derzeit effizientesten Lasersysteme, mit denen sich so etwas überhaupt erst nahezu verlustfrei realisieren ließe. Deshalb sind wir da jetzt überall im Gespräch.

Das Gespräch führte Ilka Flegel



# GRUSSWORTE



### Fraunhofer IOF - heute ein gefragter Partner

Nicht lange reden, sondern handeln – das war das Motto der Fraunhofer-Gesellschaft nach dem Fall der Mauer. Bereits kurz nach dem 9. November 1989 beteiligte sie sich aktiv am Neuaufbau der Forschungslandschaft in den neuen Bundesländern. Dabei ging Fraunhofer einen besonderen Weg und suchte den direkten Kontakt zu den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern im Osten – und die packten die angebotene Chance beim Schopf.

Im Jahr 1990 begann der offizielle Umstrukturierungsprozess in den östlichen Bundesländern mit dem Ziel, eine einheitliche Forschungslandschaft in Deutschland zu schaffen. Dabei ließ das hohe Tempo des Vereinigungsprozesses keiner Seite Zeit für langwierige systematische Studien - der politische und wirtschaftliche Zerfall zwang zum schnellen Handeln. Es galt, das vorhandene Potenzial an kreativen Köpfen vor Ort zu erhalten und für die Forscherinnen und Forscher neue und attraktive Perspektiven zu entwickeln.

Die Fraunhofer-Gesellschaft wartete daher nicht tatenlos auf die Ergebnisse des Wissenschaftsrats, der die existierenden Forschungseinrichtungen im Osten evaluierte, sondern suchte

aktiv nach potenziellen Kandidaten für neue Fraunhofer-Institute.

Engagiert und mutig wie keine andere Forschungsorganisation wagte die Fraunhofer-Gesellschaft bereits im Jahre 1991 die Aufnahme von 19 Instituten und Einrichtungen in den neuen Bundesländern – ein gewaltiger Kraftakt für alle Beteiligten in Ost und West.

Im Unterschied zu anderen Fraunhofer-Einrichtungen in den neuen Bundesländern ist das IOF nicht aus einem Institut der Akademie der Wissenschaften der ehemaligen DDR hervorgegangen. Ziel war eine Fraunhofer-Einrichtung für Angewandte Optik und Feinmechanik unter der Leitung von Prof. Dr. Wolfgang Karthe am traditionsreichen Optik-Standort Jena aufzubauen. Die Mitarbeiter wurden von Herrn Karthe aus Instituten der Universität, der Akademie und des Forschungszentrums des Zeiss-Werkes ausgewählt. Dies ist der eine wesentliche Aspekt des Erfolgs des Instituts. Ein weiterer ist die kluge Zusammenstellung der vier Abteilungen Mikrooptik, optische Schichten, optische Systeme und Feinwerktechnik, die sich bis heute konstruktiv ergänzen, sowie die Integration des Instituts in das sich rasant entwickelnde Firmennetz der Optischen Technologien im Jenaer Raum.

Am 1.1.1992 startet das IOF mit 60 Mitarbeitern und einer Erstausrüstung von 2,7 Mio DM in einem ehemaligen Forschungsgebäude im Stadtzentrum. In den folgenden zwanzig Jahren hat sich das IOF stetig positiv entwickelt. Aus »Bruchstücken« einer sich auflösenden Forschungslandschaft wurde ein hochmodernes, vitales Kompetenzzentrum mit leistungsfähiger Infrastruktur – Symbol und Hoffnungsträger für die Region und die gesamte Optikindustrie. 2002 wurde der Neubau bezogen.

Prof. Andreas Tünnermann, seit 2003 Institutsleiter, intensivierte die Zusammenarbeit mit der Friedrich-Schiller-Universität Jena und der optischen Industrie in Thüringen und darüber hinaus. Zu den etablierten Kompetenzen des Instituts kam durch ihn ergänzend die Lasertechnik hinzu, für die er mit dem Leibniz-Preis der DFG für die Leistungen in der Grundlagenforschung anerkannt wurde.

Eine besondere Ehrung war die Vergabe des Deutschen Zukunftspreises in Zusammenarbeit mit der Firma OSRAM für Entwicklungen zur Herstellung leistungsfähiger LED.

Die Zusammenarbeit mit der regionalen Industrie wurde über eines der ersten Fraunhofer Innovationscluster Jena Optical

Innovations JOIN verstärkt. Herr Tünnermann bereicherte die optischen Technologien mit neuen Impulsen und wirkte an der Agenda Photonik 2020 mit. Mit dem neuen Themengebiet »Green Photonics« liefert das IOF Beiträge zur nachhaltigen Nutzung von Licht. Heute ist das Fraunhofer IOF ein gefragter Partner in Wissenschaft und Wirtschaft – anerkannt, exzellent, erfolgreich.

Prof. Dr. Hans-Jörg Bullinger  
Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft



### Fraunhofer IOF - ein Institut von Weltrang

Wissenschaft und Technologie haben in Jena eine lange Tradition. Die im Jahr 1558 gegründete Universität gehört zu den ältesten Hochschulen Deutschlands. 1846 eröffnete der junge Carl Zeiß eine mechanische Werkstatt in Jena, in der er unter anderem Mikroskope fertigte. Als sich Zeiß mit dem Physiker Ernst Abbe und dem Chemiker Otto Schott zusamm tat, bildeten sie das erste Netzwerk aus Wirtschaft und Wissenschaft in Jena.

Heute ist Jena ein weltweit bekannter Hightech-Standort für Optik und Photonik, an dem sich rund hundert Unternehmen der optischen Industrie angesiedelt haben. Vor genau zwanzig Jahren wurde die Jenaer Optikforschung durch das Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF wegweisend ergänzt. Im Jahr 1992 als Fraunhofer-Einrichtung auf Probe mit 60 Mitarbeitern gegründet, ist das IOF heute ein Institut von Weltrang mit rund 200 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern und einem Etat von rund 22 Millionen Euro. Mit seiner Forschung und Entwicklung sowie der Produktion und Vermarktung hat das IOF einen wichtigen Beitrag geleistet zur heutigen Spitzenstellung der Thüringer Optikforschung und gleichzeitig hochqualifizierte Arbeitsplätze geschaffen.

Vom Fraunhofer IOF sollen in Zukunft wichtige Impulse zur Lösung globaler Herausforderungen ausgehen. Mit Green Photonics ist das IOF ein wichtiger Innovationsmotor zur nachhaltigen Nutzung von Licht. Der Deutsche Zukunftspreis, mit dem das IOF im Jahr 2007 gemeinsam mit OSRAM Opto Semiconductors für die Entwicklung innovativer LED-Lichtquellen ausgezeichnet wurde, hat die hohen Erwartungen an das IOF unterstrichen.

Ich gratuliere dem Fraunhofer IOF zum zwanzigjährigen Jubiläum und danke allen, die mit Mut und unermüdlichem Forschergeist zum Erfolg des Instituts beigetragen haben. Mit Ihren Innovationen gestalten Sie Zukunft.

Prof. Dr. Annette Schavan, MdB  
Bundesministerin für Bildung und Forschung

### Spitzenpieler der anwendungsorientierten Forschung

So wie der beste Sportler zurückfällt, wenn er nicht an seiner Leistungsfähigkeit und Technik arbeitet, so würde auch die deutsche Wirtschaft ihren Spitzenplatz auf den Weltmärkten verlieren, wenn sie nicht immer wieder durch Forschung angetrieben würde. Deshalb bin ich froh darüber, dass wir mit dem Wissenschaftszentrum Jena-Beutenberg einen forschungstechnischen Leuchtturm haben und mit dem IOF der Fraunhofer-Gesellschaft einen Spitzenpieler der anwendungsorientierten Forschung, der sich der Stärkung der eigenen Innovationskraft und der Erschließung neuer Leitmärkte verschrieben hat.

Was mich als Ministerpräsidentin dabei am meisten freut: das IOF forscht zum Nutzen der Wirtschaft, aber damit auch zum Nutzen der Gesellschaft – zum Nutzen der Menschen. Seit über 60 Jahren forscht die Fraunhofer-Gesellschaft mit ihren mehr als 80 Instituten und 18000 Mitarbeitern weltweit und bekennt sich mit ihren 60 deutschen Standorten zum Wissenschaftsland Bundesrepublik Deutschland. Und Bund wie Länder bekennen sich zur Forschung. Der Pakt für Forschung und Innovation beispielsweise ist solch ein Bekenntnis: Bund und Länder haben in den letzten Jahren ihre Zuwendungsanteile jährlich um 3 % gesteigert und werden sie bis 2015 jährlich um 5 % erhöhen, um die Kompetenzen am



Forschungsstandort Deutschland zu erweitern. Auf dem Beutenberg garantiert die Bündelung aller Forschungs-, Betreiber- und Gründerzentren optimale Synergie und generiert Mehrwerte. Universität und Institute greifen hier den Forschungsgeist von Carl Zeiß, Ernst Abbe und Otto Schott auf und arbeiten unter modernsten Bedingungen überaus erfolgreich neben- und vor allem miteinander an der Zukunft von Technologie und Gesellschaft. Das IOF trägt als wirtschaftlich eigenverantwortliches Institut seit 20 Jahren als herausragendes Zentrum für Optik und Photonik dazu bei. Der Campus Jena-Beutenberg darf auch künftig nicht zum Elfenbeinturm der Forscher werden, sondern muss wie bisher Leuchtturm der Forschung und Entwicklung sein, der Innovation von Thüringen in die Welt hinaus strahlt.

Ihnen, dem Vorstand und allen Beteiligten der Fraunhofer-Gesellschaft, möchte ich für Ihren entscheidenden Anteil daran danken. Die Thüringer Landesregierung, wird Sie bei Ihrer Arbeit weiterhin unterstützen! Schließlich ist die Forschung von heute die Zukunft von morgen.

Christine Lieberknecht  
Ministerpräsidentin des Freistaats Thüringen



### Zukunftsthemen im IOF zuhause

Wer Bergwanderungen liebt, kennt das überwältigende Gefühl, das sich nach mühsamem Aufstieg an einer Wegbiegung, einer Plattform, einem Aussichtspunkt einstellt, wenn sich ein weiter Ausblick über die Landschaft öffnet. Man hält inne, setzt den Rucksack ab, lässt den Lohn der Mühe »einziehen« – ein kleines Festerlebnis, das neue Kraft für die nächste Wegstrecke freisetzt. An dieses Gefühl haben mich kleine Feste im Fraunhofer IOF immer erinnert, und sehr gerne teile ich dieses Gefühl mit allen Mitarbeitern des IOF aus Anlass seines 20. Geburtstages und drücke in ihm die Glückwünsche der Friedrich-Schiller-Universität aus.

Was hier in zwanzig Jahren aufgebaut wurde, verdient aus drei Gründen besondere Beachtung: Das Fraunhofer IOF baute auf der großen Jenaer Tradition in der Optik auf, integrierte sie, führte sie fort, modernisierte sie. Das betrifft auch das Jenaer Erfolgsmodell: Grundlagenforschung in der Universität, Anwendungsorientierung in »außeruniversitärer« Forschung und industrielle Verwertung Hand in Hand in engster Kooperation. Zweitens hat das IOF durch vielfältige, geschickte Vernetzungen eine »Innovationsschöpfungskette« geschaffen, die sich im internationalen Vergleich wahrlich sehen lassen kann. Der Weg vom Insektenauge zur Kamera, von der LED

zum Beleuchtungssystem, vom Laserlicht zur Tumorthherapie, und viele andere – sie sind im IOF zu routinierter Kurzstrecke geworden. Und drittens sind Zukunftsthemen im IOF zuhause: Energie, Umwelt, Gesundheit, »Green Photonics«.

Das alles wäre ohne eine beachtliche Kette exzellenter Leistungen aller Mitarbeiter nicht denkbar. Deshalb verbindet die Friedrich-Schiller-Universität die Freude über die grandiose Aussicht an der Wegbiegung des 20. Geburtstages des Fraunhofer IOF mit einem herzlichen Dank für hohe Leistungsbereitschaft und vorbildliche Kooperation. In diesem Sinne einen sehr herzlichen Glückwunsch!

Prof. Dr. Klaus Dicke,  
Rektor der Friedrich-Schiller-Universität Jena

### Sie mehrten den guten Ruf unserer Stadt

Zuerst möchte ich Ihnen, Herr Professor Tünnermann, sowie Ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern sehr herzlich zum 20jährigen Bestehen Ihres Instituts gratulieren. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, alle Beschäftigten des Institutes verdienen meinen Dank, meinen Respekt und meine Anerkennung für die hervorragenden Leistungen und ihr Engagement. Mit Ihrer Arbeit leisten Sie nicht nur wertvolle Beiträge bei der Lösung wissenschaftlicher Probleme, Sie mehrten auch den guten Ruf unserer Stadt, die sich in den letzten Jahren sehr erfolgreich entwickelt hat.

Warum ist Jena so erfolgreich? Das Besondere ist das ideale Jenaer Klima. Nicht nur das natürliche Klima. Nein, was Jena groß macht, ist das besondere Klima des Verhältnisses zwischen Wissenschaft und Wirtschaft. Wir haben eine hervorragende Universität und eine Fachhochschule, die auch eine ganz starke Bildungseinrichtung unserer Stadt ist. Wir haben Wirtschaftsunternehmen, die Jenas Ruf schon lange weit hinausgetragen haben, wie etwa Zeiss und Schott, und jüngere Firmen wie Jenoptik, Analytik und viele kleinere Unternehmen.



Zum Klima in der Stadt gehören zudem all ihre kulturellen Einrichtungen wie auch die so genannten weichen Standortfaktoren, die sozialen Bedingungen, das Bündnis für Familie, eines der besten Kinderbetreuungsangebote in Deutschland. Diese Faktoren gemeinsam und ihr Zusammenwirken, sie bilden diesen besonderen Geist unserer Stadt, den Geist, der Jena so erfolgreich macht.

Ihrem Institut wünsche ich eine weitere erfolgreiche Entwicklung, die Stadt wird sich bemühen, immer ein verlässlicher Partner für die Wissenschaft zu sein.

Dr. Albrecht Schröter  
Oberbürgermeister



### Eckpfeiler der optischen Industrie

Zum 20jährigen Bestehen möchte ich dem Fraunhofer IOF persönlich, als Kuratoriumsvorsitzender des IOF, wie auch im Namen der Jenoptik herzlichste Glückwünsche übersenden.

Anlässe zum Gratulieren gab es in der Geschichte dieses Instituts viele. Ein Jubiläum wie dieses jedoch sticht heraus, weil es Gelegenheit bietet, zurück zu blicken und die Leistung des Instituts in seiner Gesamtheit zu würdigen.

Dieser Rückblick zeigt: Dem IOF gelang der Wandel von einem Know-how-Pool zu einer international anerkannten und renommierten Forschungseinrichtung; zu einem Eckpfeiler der optischen Industrie Deutschlands und der Welt.

Seine Bedeutung unterstrich das IOF zum Beispiel mit der Wegbereitung und Umsetzung der Studie »Harnessing Light«. Es war damit Teil eines Prozesses, welcher das 21. Jahrhundert zu dem des Photons machte und die im 20. Jahrhundert etablierte wissenschaftliche wie technologische Bedeutung des Elektrons ergänzte und sogar oftmals verdrängte.

Neben diesen Leistungen in der Grundlagenforschung gelingt dem Fraunhofer IOF dabei auch der Brückenschlag zur Anwendung und verhilft somit seinen (Industrie-) Partnern zu weltweitem wirtschaftlichen Erfolg.

Die Nutzung von Licht als Werkzeug erlaubt uns heute die Herstellung von hochwertigen, preisgünstigen Produkten und eröffnet uns für die Zukunft zahlreiche Möglichkeiten, nachhaltiger zu wirtschaften und ineffiziente Fertigungsmethoden abzulösen. Gerade deshalb werden die optischen Technologien und mit ihnen die optische Industrie weiter an Bedeutung gewinnen.

Die bisherigen, wie auch zukünftigen Erfolge des Fraunhofer IOF gründen im Wesentlichen auf zwei Säulen: den beteiligten Menschen sowie einer inspirierenden und unterstützenden Umgebung.

Besonders hervorzuheben ist zunächst der ehemalige Institutsleiter Prof. Dr. Wolfgang Karthe. Er baute das IOF maßgeblich auf, richtete es inhaltlich wie strategisch aus und schuf damit die Basis des heutigen Erfolgs.

Die zweite Stufe zündete sein Nachfolger Prof. Dr. Andreas Tünnermann. Er wusste die gute Ausgangssituation zu nutzen und ermöglichte es dem Fraunhofer IOF, durch eine starke Vernetzung und durch das Setzen neuer Schwerpunkte weiter zu wachsen und an Bedeutung zu gewinnen. Beispiele hierzu sind die Mitgestaltung der Agenda »Photonik 2020«, die Kooperation mit dem Institut für Angewandte Physik der Friedrich-Schiller-Universität Jena und das Aufgreifen des Megatrends Nachhaltigkeit durch das neue Themenfeld »Green Photonics«. Dadurch wurde das Fraunhofer IOF zu einem zentralen Bestandteil des Optical Valley Jena und zu einem Leuchtturm der wissenschaftlichen Optik weltweit.

Zu der Arbeit der Institutsleitung und den Leistungen der Forscher am Fraunhofer IOF kommt noch ein weiterer Erfolgsfaktor hinzu: die vorhandenen Clustereffekte hier am Standort Jena, dem Geburtsort der optischen Technologien.

Durch die kontinuierliche Kooperation aller Vertreter der industriellen und wissenschaftlichen Optik entsteht hier in Jena mehr als jeder einzelne unabhängig leisten könnte. In seiner Rolle als Forschungsdienstleister und Magnet für talentierte Wissenschaftler stärkt das Fraunhofer IOF dieses Netzwerk

und trägt Verantwortung. Auch die Wahrnehmung dieser Aufgaben gilt es an dieser Stelle zu würdigen!

Für die Zukunft wünsche ich Prof. Dr. Tünnermann, allen Mitarbeitern und allen Führungskräften des Fraunhofer IOF stets brillante Ideen, stets Elan und Ausdauer bei deren Umsetzung und stets den größtmöglichen Erfolg bei der anschließenden Anwendung.

Alles Gute und herzliche Grüße

Dr. Michael Mertin  
Vorstandsvorsitzender der JENOPTIK AG  
Vorsitzender des Kuratoriums des Fraunhofer IOF



# VON DEN ANFÄNGEN...

## PROF. DR. MAX SYRBE UND PROF. DR. WOLFGANG KARTHE

Der promovierte Physiker Max Syrbe (1929-2011) war von 1983 bis 1993 Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft und einer der wesentlichen Akteure, die den Umbau der ostdeutschen Forschungslandschaft gestalteten. Er trug maßgeblich dazu bei, die Fraunhofer-Gesellschaft als Trägerorganisation der angewandten Forschung in Deutschland zu etablieren und sie zur erfolgreichsten europäischen Forschungsorganisation für angewandte Forschung zu machen. 1975 wurde Syrbe zum Professor an die Fakultät für Informatik der Universität Karlsruhe berufen.

Wolfgang Karthe, geboren 1938, war von 1982 bis 1992 Professor für Angewandte Physik an der Friedrich-Schiller-Universität Jena. Er leitete das Fraunhofer IOF von seiner Gründung am 1. Januar 1992 bis zum Jahr 2003. In dieser Zeit konnte er anfängliche Bedenken bezüglich der wirtschaftlichen Erfolgsaussichten des IOF erfolgreich ausräumen: Bereits drei Jahre nach dem Startschuss erfüllte die IOF-Mannschaft die wirtschaftlichen Kriterien nach dem Fraunhofer-Modell. Die Zahl der Mitarbeiter wuchs von anfangs 60 auf über 100 im Jahr 2003.

*Prof. Max Syrbe verstarb am 21. September 2011 im Alter von 82 Jahren. Das gemeinsame Interview mit Prof. Karthe wurde am 8. August 2011 am Fraunhofer IOF geführt.*

*Es war Herrn Prof. Syrbe ein großes Anliegen, trotz schwerer Erkrankung nach Jena zu reisen, das Institut zu besuchen und die historischen Umstände der Institutsgründung zu reflektieren.*

*Ihm zu Ehren und zum Gedenken geben wir das Interview hier in leicht gekürzter Form wieder.*

**Herr Syrbe, was hat den Fraunhofer-Vorstand bewogen, sich im Unterschied zu anderen großen Forschungsorganisationen sehr früh in der »noch«-DDR umzusehen?**

*Syrbe:* Als 1989 die Flucht von DDR-Bürgern über die ČSSR und Ungarn in Richtung Westen einsetzte, war Josef Rembser, dem für die Fraunhofer-Gesellschaft (FhG) zuständigen Abteilungsleiter im Bundesforschungsministerium BMFT, und mir klar, dass sich das SED-Regime nicht beliebig lange halten würde. Gemeinsam überlegten wir, welche Rolle die FhG dann spielen könnte. Die fachlichen Leistungen vieler Forschungseinrichtungen der DDR waren im Westen gerade wegen der zahlreichen Einschränkungen anerkannt. Die ostdeutschen Kollegen konnten kein tolles Gerät kaufen, sondern mussten die Leistung eines solchen Geräts mit anderen Hilfsmitteln realisieren. Für uns war daher klar: Qualitätsprobleme haben wir hier keine.

So kam es schon im Februar 1990 zwischen Peter-Klaus Budig, dem DDR-Minister für Wissenschaft und Technik, und mir zu einer Kooperationsvereinbarung mit einem Maßnahmenbündel, das von Wissenschaftler austausch und Institutspatenschaften bis zu Verbundprojekten und Forschungsmanagement-Workshops reichte. Im Frühjahr 1990 organisierten wir ein Seminar in Strausberg zur Arbeitsweise der FhG mit etwa 200 Teilnehmern aus

DDR-Forschungsinstituten. Dieses Seminar spielte eine große Rolle als menschlicher Verknüpfungspunkt. Die Universitätsmitglieder klagten, sie hätten noch keinen Haushalt bewilligt, die Mitarbeiter der Institute der Akademie der Wissenschaften (AdW) hatten keine Aufträge mehr. Allen stellte sich die Frage: Was wird aus unserer Familie, wenn kein Geld mehr auf's Konto kommt? Hier mussten schnell Lösungen her. Der nächste Schritt erfolgte nach der Vereinigung. Nach weiteren vertiefenden Besuchen entwickelten wir eine eigene Strategie und Evaluierungskriterien zur Übernahme bzw. Bildung von Instituten. Um den üblicherweise großen Zeitbedarf der Gründungsprozeduren zu umgehen, schufen wir die Forschungseinrichtungen auf Zeit mit vorerst drei- bzw. fünfjähriger Befristung. Die zur Aufhebung der Befristung zu erreichenden Ziele hatten die vorgesehenen Leiter unter Beachtung des FhG-Modells selbst zu setzen. So etwas gab es in der Satzung natürlich nicht. Wir haben das einfach gemacht.

**Wie kam es zu dem Vorschlag, ein Fraunhofer-Institut in Jena zu gründen?**

*Syrbe:* Wir hatten damals in der FhG zwischen 8500 und 9000 Beschäftigte, und es war klar, dass in den neuen Bundesländern proportional zur Bevölkerung irgendwann zwischen 1500 und 2000 Mitarbeiter zusammenkommen müssten – was



mindestens zehn Instituten entspricht. Schon damals lag auf der Hand: Als Ort mit jahrhundertealter Tradition in Optik und Feinmechanik musste auch Jena vorkommen. In diesen Bereichen waren wir bisher viel zu schwach aufgestellt. Da musste ein starkes Institut hin, mit enger Anknüpfung an die Universität. Unser erster Hauptkontakt war Prof. Wilhelm Ebert vom Physikalisch-Technischen Institut, einem AdW-Institut in Jena mit engen Kontakten zur Universität. Herr Ebert war so neutral, uns Leute zu nennen, die er für stark genug hielt, in der Optik und Feinmechanik eine Rolle zu spielen – unter ihnen Prof. Wolfgang Karthe. Daraufhin sprachen wir mit Herrn Karthe, der ein entsprechendes Konzept ausarbeitete. Er legte sich sehr ins Zeug, und seine Ziele deckten sich mit denen der FhG. Wir waren uns sicher: Das ist der richtige Mann. So wurde, unterstützt durch die Landesregierung Thüringens, insbesondere den Minister für Wissenschaft und Kunst, Dr. Ulrich Fickel, die Fraunhofer-Einrichtung für Angewandte Optik und Feinmechanik unter Herrn Karthes Leitung zum 1. Januar 1992 gegründet.

**Herr Karthe, hatten Sie Vorkenntnisse über die FhG?  
Was hat Sie bewogen, diesbezüglich aktiv zu werden?**

*Karthe:* Nach der Wende war mir klar, dass für einen Teil der Mitarbeiter an der Physikalischen Fakultät keine Forschungs-

aufgaben mehr finanziert werden würden. Wir waren aber auch sicher, dass unsere Themengebiete für die Auftragsforschung mit Firmen aus den alten und neuen Bundesländern interessant sein könnten. Durch unsere Erfahrung in der Auftragsforschung für DDR-Kombinate waren wir optimistisch, der Herausforderung gewachsen zu sein, und hofften, damit eine berufliche Perspektive für eine gar nicht so kleine Anzahl von Mitarbeitern zu schaffen. Ich wurde zu einer Runde mit Herrn Ebert eingeladen, bei der die Diskussion um eine neue Forschungseinrichtung losging. Von Kontakten zu Fraunhofer-Wissenschaftlern kannte ich in groben Zügen das FhG-Modell mit Auftragsforschung, Finanzierungsmix und dezentraler Verantwortung auf Institutsebene. Trotz dieser Vorkenntnisse wussten wir aber nicht genau, was auf uns zukam. So wurde ich gefragt, was ich mir an Industrieertrag pro Jahr zutraue. Da habe ich hochgestapelt – die D-Mark war für uns ja nichts Geläufiges: »Mit zehn Leuten schaffe ich eine Million im Jahr.« Aus heutiger Sicht ist das hart an der Grenze.

*Syrbe:* Nein, das geht mit zehn Leuten nicht. Deshalb haben Sie ja auch 60 Stellen bekommen.

*Karthe:* Ja, Sie hatten uns die Wahl gelassen zwischen 40 und 80 Stellen. Da habe ich gesagt: Ich fange mit 60 an, und entweder geht das Ganze vor den Baum oder ich schaffe es. Und da ist es besser, gleich mit 60 anzufangen.

*Syrbe:* Das war richtig, mit »Klein-Klein« kommt man nicht



weit. Für uns war das Wichtigste, dass jemand den Mut hat, zu sagen: »Das traue ich mir zu.« Wir brauchten Menschen mit so viel Selbstvertrauen, dass sie auch mal eine Quermeinung ertragen und sich nicht in ihrer Stellung bedroht fühlen. Dann haben wir nur geprüft, ob das, was sie sich vorgenommen hatten, plausibel war, und sie machen lassen.

*Karthe:* Ich denke nach wie vor, dass die frühzeitigen Aktivitäten der FhG der damaligen Situation vorbildlich gerecht geworden sind. Die FhG hat die Entwicklung in der Forschungs- und Wissenschaftspolitik, die vorhandenen Potenziale und die sich daraus ergebenden Möglichkeiten vor allen anderen wissenschaftlichen Gesellschaften erkannt und genutzt. Wir haben das in Jena durch die mehrfache Unterstützung von Ihnen, Herr Syrbe, direkt vor Ort erfahren. Noch heute sind wir Ihnen dankbar dafür, dass Sie uns das Gefühl der Unsicherheit und einige Ängste vor dem, was uns bei Fraunhofer erwartete, genommen haben. Unsere eigenen Aktivitäten konnten sich so wesentlich einfacher einfügen.

#### **Herr Karthe, Sie haben die Auswahl der Mitarbeiter getroffen. Wo kamen die Leute her?**

*Karthe:* Die volle Freiheit, die ich bei der Auswahl der Mitarbeiter hatte, war ein Glücksfall. Es stand damals gar nicht zur Diskussion, ganze Gruppen zu übernehmen – nur die

Fachgebiete waren klar. Deshalb war die Mannschaft handverlesen, jeder Einzelne ist praktisch irgendwo hergeholt worden. In Jena war die Optik an der Universität stark vertreten. Hier wurde auch sehr eng mit der Industrie zusammengearbeitet und angewandte Forschung bzw. Entwicklung betrieben. Das hatte einen Nachteil: Als die Wende kam, wurde ein erheblicher Teil der Mitarbeiter nicht mehr gebraucht. Der Vorteil war: Wir wussten, was Industriearbeit heißt. Deswegen war auch die Ausarbeitung der Konzeption relativ einfach. Schon Ernst Abbe hatte Feinmechanik mit Optik verbunden, eines geht ohne das andere nicht. Die Mehrheit der Leute kannte ich. Also bin ich z.B. in die Werkstatt gegangen und habe mir die Mannschaft zusammengesucht. Die Physikalische Fakultät hat bei Facharbeitern in der Feinmechanik immer Spitzenleute ausgebildet. Dann hieß es: »Ihr kriegt die modernsten Maschinen.« Das erste Investitionsgeld habe ich in die Werkstatt gesteckt. Das Ganze hat wunderbar geklappt. Zum 1. Januar 1992 hatte ich 58 von 60 Leuten zusammen.

#### **Das IOF wurde schon nach drei Jahren als vollwertiges Fraunhofer-Institut übernommen anstatt nach fünf Jahren. Wie kam es dazu?**

*Syrbe:* Durch die Selbstverpflichtung der Institutsleiter in einem Bereich, den sie sich selbst zum Ziel gesetzt hatten, kamen

alle Einrichtungen schneller voran als geplant. Unser Senat war damals ein wenig schockiert, als ich sagte: »Ich muss an Euch vorbei, ich kann nicht diese lange Zeit verbrauchen.« Doch der Senat und der Bund-Länder-Ausschuss waren dann aufgeschlossen für schnellere Entscheidungen, so dass die Befristung nach drei Jahren aufgehoben wurde.

*Karthe:* Wir hatten den Ehrgeiz, die fünf Jahre nicht zu brauchen, und wollten möglichst schnell so weit sein wie die anderen. Das ging auch ruck zuck! Die Konsequenzen der Übernahme waren für die Mitarbeiter ja sehr persönlich, die meisten von ihnen wurden daraufhin fest angestellt.

*Syrbe:* Ich predige immer das Menetekel »Menschliche Leistung ist Fähigkeit mal Motivation«. Das ist hier in Jena optimal umgesetzt worden. Herr Karthe hat fähige Leute ausgewählt und sie entsprechend motiviert.

*Karthe:* Unser Erfolg hatte mehrere Gründe: die richtige inhaltliche Strategie; die massive Unterstützung durch den Vorstand der FhG, wofür ich Ihnen, Herr Syrbe, Ihrem Vorstandskollegen Dr. Hans-Ulrich Wiese und unserem ersten Institutsbetreuer Dr. Dieter Schnabel danke; die unbürokratische Hilfe durch die Thüringer Landesregierung; die Unterstützung durch die regionale Wirtschaft, hier geht mein Dank vor allem an den damaligen Vorstandsvorsitzenden der Jenoptik, Prof. Dr. Lothar Späth; und natürlich die IOF-Mannschaft, die sich trotz aller Risiken, denen sie persönlich ausgesetzt war, mit enormer

Motivation und Leistungsbereitschaft den Herausforderungen gestellt hat.

#### **Wie hat das Umfeld auf die Gründung des Fraunhofer IOF reagiert? Gab es Ängste oder Widerstände?**

*Syrbe:* Aus meiner Sicht gab es keine Widerstände. Innerhalb der FhG waren offene Diskussionen dank der internen Instituts- und Abteilungsleiterseminare schon vor der Vereinigung eingeübt. Da war ganz klar, dass die bestehenden Institute keine Angst vor den neuen zu haben brauchten. Was externe Widerstände angeht – damals wollte sich bei der FhG keiner einmischen, weder die Großforschungseinrichtungen noch die Wirtschaft. Auch von der Politik haben wir keine Widerstände gespürt.

*Karthe:* Aus Sicht des Instituts gab es zwei Dinge am Rande. Die Optikbranche in Deutschland ist bis auf wenige große Firmen eher kleinteilig aufgestellt. Im Mittelstand waren deshalb Befürchtungen entstanden, dass ein Optikinstitut in Jena zum »Hausinstitut« der Firma Carl Zeiss werden könnte und der Wettbewerb dadurch verzerrt würde. Diese Bedenken konnte ich jedoch in einem Gespräch mit der Mittelstandsvereinigung schnell ausräumen, da die Hälfte unserer Industrienaufträge damals schon aus dem Mittelstand und nicht von Zeiss kam. Das Zweite war der Vorstoß aus Berlin, das Institut nach Berlin



holen zu wollen. Da hatten Sie, Herr Syrbe, sich ja engagiert, woraufhin die Sache erledigt war.

*Syrbe:* Meine Argumentation war immer: Man muss eine Region als Region sehen. Angewandte Forschung geht nur über die Vertrauensbasis zur Wirtschaft. Wie soll ein Vertrauen von Berlin in die Region Jena kommen, wenn in Jena in diesem Forschungsbereich auch eine Tradition besteht? Für uns war klar, wenn so ein Kombinat zerlegt wird, bilden sich entsprechende Firmen. Und Herr Karthe, der designierte Institutsleiter, kennt die wichtigen Leute.

*Karthe:* Ja, das war ein Vorteil. Hier kannte jeder jeden. Das ergab sich aus dem Zwang zu improvisieren.

#### **Wie war die Kooperation mit der Industrie und der Universität in der Region?**

*Karthe:* Durch die materiellen Schwierigkeiten an den DDR-Universitäten waren wir es gewöhnt, auch im Wissenschaftsbetrieb zu kooperieren. Diese Offenheit hat uns in der Zusammenarbeit mit der Industrie einige Wettbewerbsvorteile gebracht. In den ersten Jahren der Umstrukturierung zerbrach das Zeiss-Kombinat in eine Vielzahl von großen und kleinen Unternehmen. Mit denen kam eine Zusammenarbeit schnell in Gang, da wir die meisten Firmengründer aus ihrer Zeit bei Zeiss persönlich kannten. Die waren auf uns angewiesen,

wir auf sie. Auch mit den Firmen, die sich aus der Universität Ilmenau ausgegründet hatten, ging das relativ schnell, so dass der Anteil aus der regionalen Industrie am gesamten Industrieertrag des IOF schnell auf einen Wert von etwa 50 % gestiegen ist. Auch die wissenschaftliche Zusammenarbeit mit der Universität Jena hat sich von Anfang an positiv entwickelt. Die Bearbeitung gemeinsamer Projekte, die Betreuung von Diplomanden und Doktoranden und die Nutzung von wissenschaftlichen Geräten gelangen vor allem auch mit den neu berufenen Kollegen aus den alten Bundesländern sehr gut.

#### **Wie war die Unterstützung durch die Thüringer Landesregierung?**

*Karthe:* Die Unterstützung durch das Wissenschaftsministerium (Minister Dr. Fickel und seine Mitarbeiter) sowie durch das Wirtschaftsministerium (Minister Dr. Schultz) war von Anfang an hervorragend, völlig unbürokratisch. Bis zum Ende meiner Institutsleiterzeit hatte ich gerade bei den Forschungsabteilungen der Ministerien immer den Eindruck, dass wir sehr konstruktiv und pragmatisch unterstützt wurden.

#### **Wie reagierte die wissenschaftliche Community?**

*Karthe:* Anfangs war die Haltung der Community eher abwartend. Aber durch die Leistungen der wissenschaftlichen Mitarbeiter, ihr Auftreten auf internationalen Tagungen und die Veröffentlichung unserer wissenschaftlichen Ergebnisse in entsprechenden Fachzeitschriften wurden wir ziemlich schnell weltweit akzeptiert. Wichtig ist: Wenn Sie in der Optik arbeiten, müssen Sie in optiktypischen Zeitschriften wie z.B. »Applied Optics« Ergebnisse veröffentlichen, sonst werden Sie auch in der Industrie nicht akzeptiert. Denn die Industrieoptiker lesen diese Journale. Nur auf diese Art und Weise konnten wir auch Projekte in Japan und Korea akquirieren.

#### **Worin sehen Sie die Alleinstellungsmerkmale des Instituts gegenüber Wettbewerbern?**

*Syrbe:* Ein ganz wesentliches Alleinstellungsmerkmal ist die Mannschaft.

*Karthe:* Ja, das war unser entscheidender Vorteil. Die Mannschaft war handverlesen in Bezug auf die Konzeption des Instituts, die Kombination von Optik und Feinmechanik.

*Syrbe:* Die Fachgebiete entwickeln sich weiter. Vom Gebiet her ist das Alleinstellungsmerkmal im Jahr 2000 ein anderes als 2010 und das wiederum ein anderes als 2020. Das

Wesentliche ist wirklich die Mannschaft. Deshalb muss man sie auch gut pflegen und nicht »per Order di Mufti« führen, um die Motivation nicht zu zerstören.

#### **Wie kam das IOF zu seinem ersten Institutsgebäude?**

*Syrbe:* Die Überleitung des Zeiss-Kombinats leitete damals Lothar Späth, den ich persönlich kannte. Mit ihm konnte ich die Anmietung und später den Kauf des »Eulenhauses« in der Innenstadt vereinbaren.

*Karthe:* Das »Eulenhause« war das erste autonome Forschungsgebäude von Zeiss. In den 1960er Jahren kam es immer weiter herunter, so dass es komplett umgebaut werden musste. Am 31. Dezember 1991 war es entkernt, Ende Mai 1992 waren wir eingezogen.

*Syrbe:* Es musste ja schnell gehen, und ein neues Gebäude kann man nicht aus dem Boden stampfen. Die Institute waren damals aber aus dem Boden gestampft.

*Karthe:* Das waren echte Gründerzeiten ... Für mich war die Zeit beim Fraunhofer IOF eine fantastische Zeit – das Beste, was mir in meinem Berufsleben passiert ist!

Das Gespräch führte Ilka Flegel



# STREIFLICHTER AUS 20 JAHREN

# VORBEREITUNGEN 1991}

## Januar

Das erste strategische Konzept für das neu zu gründende Fraunhofer-Institut in Jena wird unter wesentlicher Initiative von Prof. Dr. Wolfgang Karthe erarbeitet.

## März

Die Planungen für eine Fraunhofer-Einrichtung für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF am Standort Jena werden präsentiert.

Der Vorstand der Fraunhofer-Gesellschaft schlägt dem Senat die Gründung des IOF ab 1.1.1992 in Jena, zunächst befristet für einen Zeitraum von 5 Jahren, vor.

## September

Dr. Norbert Kaiser wird als erster Mitarbeiter für das neue Institut eingestellt.

Die Mitarbeiter des neu zu gründenden Instituts werden aus Instituten der Friedrich-Schiller-Universität Jena und der Technischen Hochschule Ilmenau, aus Instituten der Akademie der Wissenschaften der ehemaligen DDR sowie aus dem Forschungszentrum des ehemaligen Kombinats Carl Zeiss ausgewählt.

*Zur Vorbereitung der Arbeitsverträge der noch an der FSU tätigen Mitarbeiter mit der Fraunhofer-Gesellschaft mussten die bestehenden Verträge mit der Universität zu einem festen Termin in München sein. Da der Termin schon heran war und das Fax-Gerät gerade seinen Dienst versagte, setzte sich der spätere Leiter des Bereichs Infrastruktur, Dr. Hartwig Treff, kurzerhand in sein Auto und fuhr nach München. Aufgrund hohen Verkehrsaufkommens kam er verspätet in München an, wurde mit überhöhter Geschwindigkeit auf dem Münchener Ring gebremst, aber der zuständige Mitarbeiter in der Zentrale hatte auf Herrn Treff gewartet und nahm die Unterlagen noch termingerecht in Empfang. Überraschend erhielt Herr Treff bei dieser Gelegenheit die Information über die Zuwendung für eine erste Investition: Eine CNC-Maschine für die Werkstatt.*

*Die »Eule« – das erste Institutsgebäude im Stadtzentrum von Jena.*



{1992}



Die Fraunhofer-Einrichtung für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF nimmt im Januar ihre Arbeit auf, die Mitarbeiter sitzen zunächst noch an verteilten Standorten.

Das »Eulenhäus«, Forschungsgebäude des ehemaligen Kombinats Carl Zeiss im Stadtzentrum, wird von der Fraunhofer Gesellschaft angemietet.

Institutsleiter ist Prof. Dr. Wolfgang Karthe. Kuratoriumsvorsitzender wird Dr. Hans-Richard Weinheimer, Carl Zeiss.

Das Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM in Freiburg wird von der FhG als Pateninstitut gewonnen und unterstützt die ersten Schritte des IOF.

Im Juni ist das Eulenhäus nach erfolgreichem Umbau bezogen.

Im August besucht der Bundesminister für Forschung und Technologie Dr. Heinz Riesenhuber das IOF.

Am 7. Oktober wird die Fraunhofer-Einrichtung für Angewandte Optik und Feinmechanik feierlich eingeweiht.

Die ersten Industriemechaniker beginnen im November ihre Ausbildung am IOF. Bislang beendeten 17 Industriemechaniker ihre Ausbildung am IOF, fünf von ihnen sind heute noch im Institut tätig.

Das erste DFG-Projekt zur Untersuchung der Rauheit von beschichteten optischen Oberflächen wird im Mai bewilligt.

Die Arbeiten zu optischen Schichten für den tiefen ultravioletten Spektralbereich starten.

Für die Nutzung des Internet steht ein ISDN-Anschluss über die Friedrich-Schiller-Universität mit einer Übertragungsrate von 16 kBit/s zur Verfügung.

Das Institut startet mit 4 Fachabteilungen:

- A1 Optische Schichten,  
Leiter Dr. Norbert Kaiser
- A2 Optische Systeme,  
Leiter Dr. Richard Kowarschik, Dr. Lutz Wenke
- A3 Feinmechanisch-optische Systeme, später Mikrooptik  
Leiter Prof. Dr. Wolfgang Karthe
- A4 Feinwerktechnik  
Leiter: Dr.-Ing. Volker Guyenot

Den Bereich Infrastruktur leitet Dr. Hartwig Treff.

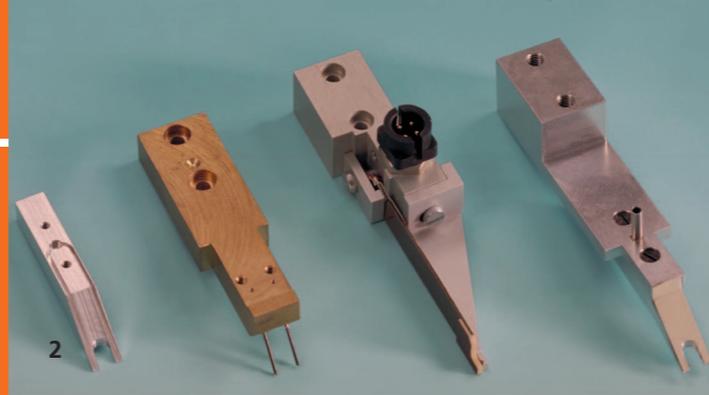
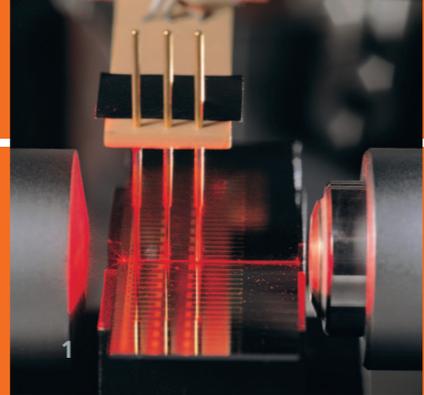
*Minister Riesenhuber erreichte Jena per Hubschrauber. Nachdem er von Volker Guyenot zum IOF gebracht wurde, äußerte er zunächst den Wunsch nach etwas Essbarem. Mangels vorbereiteten Caterings besorgte Herr Treff schnell einen Imbiss aus der benachbarten Fleischerei für den hungrigen Gast.*

*1 Die Eule über dem Eingangsportal des Institutsgebäudes.*

*2 Das Gründungsteam des Fraunhofer IOF: Dr. Norbert Kaiser, Prof. Wolfgang Karthe, Dr. Lutz Wenke, Dr. Volker Guyenot, Dr. Rolf Göring, Dr. Hartwig Treff (v.l.n.r.).*

*3 Bundesforschungsminister Riesenhuber im Gespräch mit Werkstattdirektor Ronald Schmidt (links) und Prof. Wolfgang Karthe.*

# {1993/94}



# {1995}

## Besondere Ereignisse

Bereits 1993 wird ein Kooperationsvertrag zwischen IOF, IPHT, FSU und Jenoptik zur Nutzung der Elektronenstrahlolithographie-Anlage der FSU unterzeichnet, Ziel ist die Entwicklung Jenas zu einem Hochtechnologie-Zentrum.

Das IOF stellt im Juni 1993 erstmals auf der Laser-Messe in München aus.

Dr. Gunther Notni übernimmt ab 1. August 1993 die Leitung der Abteilung Optische Systeme.

Der ISDN-Internetanschluss wird auf eine Übertragungsrate von 64 kBit/s erweitert.

Alle Mitarbeiter erhalten einen E-Mail-Account.

1994 kauft die Fraunhofer-Gesellschaft das Institutsgebäude von der Jenoptik.

Nach dem Tod von Dr. Weinheimer übernimmt Prof. Dr. Hans Tiziani als amtierender Vorsitzender die Leitung des Kuratoriums.

## Ausgewählte wissenschaftliche Entwicklungen

Start der Arbeiten zur Polymerabformtechnik, zum Ionenaustausch in Gläsern und zu Piezoelementen.

Beginn der Entwicklung von Präzisionslagern und der Untersuchungen zum Keramikfügen.

Das erste fasergekoppelte Halbleitermodul ist entwickelt.

Strategische Arbeiten zu elektrooptischen Polymerwellenleitern, zu mikrooptischen Schaltern, zu Polygonspiegeln und zum Schlagwerkantrieb werden forciert.

*Um bundesweit Forschungsaufträge einzuwerben, waren die führenden Wissenschaftler, allen voran der Institutsleiter, viel und schnell, manchmal zu schnell, mit dem Dienstwagen unterwegs. So passierte es, dass beim Pförtner ein Polizist mit dem Foto eines Verkehrssünder aus dem IOF auftauchte, um diesen zu identifizieren, es war der Institutsleiter.*

## Besondere Ereignisse

Nach erfolgreicher Evaluation beschließt der Senat der Fraunhofer-Gesellschaft im Oktober vorzeitig die Übernahme der Einrichtung auf Probe als unbefristetes Fraunhofer-Institut.

*Die etablierten Fraunhofer-Institute standen anfangs den neuen Instituten etwas kritisch gegenüber, insbesondere wenn es um die Mitwirkung in Projekten Fraunhofer-interner Programme ging. Dem zu begegnen schickte der Institutsleiter auch schon einmal zwei resolute Wissenschaftlerinnen gleichzeitig in schwierige Verhandlungen mit den Worten: „Sie haben alle Vollmachten, die Interessen des IOF vehement zu vertreten.“*

## Ausgewählte wissenschaftliche Entwicklungen

In der Abteilung Optische Schichten wird die Arbeitsgruppe Kunststoffbeschichtung gegründet, Start einer sich erfolgreich entwickelnden Forschungsrichtung.

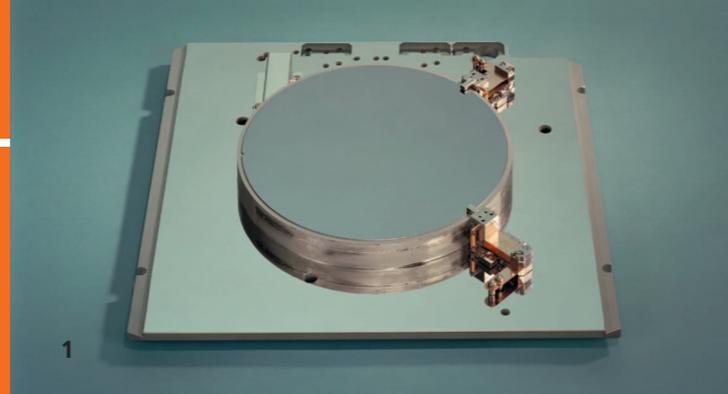
Die Arbeiten zur Strahlformung unter Verwendung von GRIN-Linsen werden verstärkt.

Entwicklungen für die Medizintechnik führen mit der Überführung des »Fixateur externe« in die Praxis zu ersten Erfolgen.

Umfangreiche Projekte zur Aufbau- und Verbindungstechnik mikrooptischer Systeme starten.

- 1 Thermooptischer Wellenleiterschalter in Polymeren.
- 2 Sauggreifer für mikrooptische Bauteile.
- 3 »Fixateur externe« mit zusätzlicher Knochenschraube.

{1996}



{1997}

### Besondere Ereignisse

Dr. Peter Grassmann, Carl Zeiss, wird zum Vorsitzenden des Kuratoriums gewählt.

Jörg Gehler wird für seine Arbeit »Experimentelle Untersuchungen neuartiger photonischer Komponenten auf der Basis von Resonanzwellenleitern in SiON und KTiOPO<sub>4</sub>« mit dem Preis der Physikalisch-Astronomisch-Technikwissenschaftlichen Fakultät der FSU für die beste Dissertation ausgezeichnet.

*Das »Eulenhäus« platzte schnell aus allen Nähten, der Reinraum musste dringend erweitert werden. Einzige Chance war das Umfunktionieren einer Toilette. Um die Ansicht des Gebäudes zu erhalten, blieben die hoch angeordneten kleinen Fenster und hielten die Erinnerung an die vorherige Nutzung wach. Aber es kam zu keinerlei »Zwischenfällen«.*

### Ausgewählte wissenschaftliche Entwicklungen

Der Prototyp eines Interferometers mit phasenkonjugierendem Spiegel wird fertiggestellt.

Arbeiten zu lateral strukturierten Schichten werden vorangetrieben, sie bilden die Grundlage für die Ausgründung der mso Mikroschichtoptik GmH 1998 und für ein neues Produkt der MAZeT GmbH.

Die Entwicklung von 3D-Zahndigitalisierern wird gestartet.

Die 3D-integrierte Optik wird Forschungsgegenstand in der Abteilung Mikrooptik.

Der erste elektrostatische Chuck für 8"-Wafer wird gefertigt. 2011 wird an der Entwicklung von 18"-Wafer-Chucks gearbeitet.

### Besondere Ereignisse

Das Applikationszentrum Mikrotechnologie (AMT) wird gemeinsam mit dem Institut für Fügetechnik und Werkstoffprüfung gegründet. Ziel ist die Erschließung neuer Produkte für KMU durch Mikrotechnologien.

### Ausgewählte wissenschaftliche Entwicklungen

Mit einem Eigenforschungsprojekt werden die Arbeiten zu optischen Schichten für den EUV- und den Röntgenbereich gestartet, zunächst auf externen Beschichtungsanlagen. Die erzielten Ergebnisse führten 1998 zur Anschaffung einer Sputteranlage MRC 903 M und eines Röntgen-Diffraktometers D 5005.

Der weltweit schnellste und gleichzeitig kompakteste mikroopto-mechanische Schalter wird entwickelt.

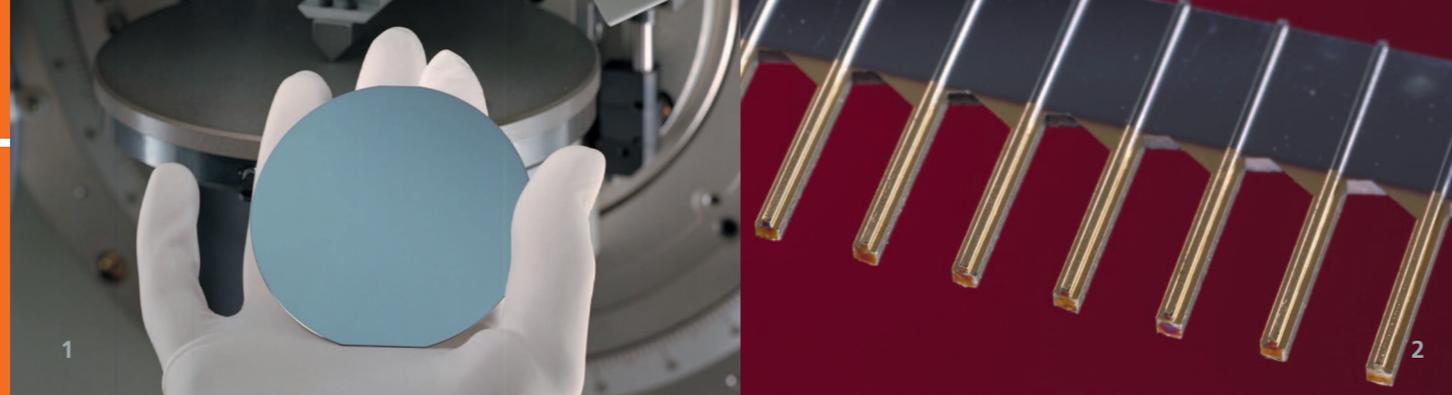
Das Design eines Leichtgewichtspiegels für das Großteleskop »Gemini« des Royal Greenwich Observatory wird entwickelt. Die Übergabe des Spiegels erfolgt 1998.

Das erste 3D-Digitalisiersystem zur Keramikbauteilprüfung wird nach Japan geliefert.

1 200 mm elektrostatischer Wafer-Chuck.

2 Thomas Kuhlmann an der Sputteranlage MRC 903 M.

{1998}



{1999}

### Besondere Ereignisse

Die Bereiche Technik und Verwaltung werden getrennt.

Das Vorhaben für den Institutsneubau am Beutenberg geht mit der Bestätigung des Raumkonzepts im März in seine entscheidende Phase.

Der Fraunhofer-Institutsverbund Oberflächentechnik und Photonik mit dem IOF als sechstem Mitglied wird gegründet. Weitere Mitglieder sind das IWS und das FEP in Dresden, das IST in Braunschweig, das ILT in Aachen und das IPM in Freiburg.

Im Dezember gibt es mit der mso jena Mikroschichtoptik GmbH die erste Ausgründung aus dem IOF. mso wird 2010 von der Optics Balzers GmbH als Optics Balzers Jena mit vollem Leistungsprofil und allen Mitarbeitern übernommen.

Der Writing Award der Laser Focus World geht an Dr. Angela Duparré und Dr. Norbert Kaiser für ihren Beitrag »AFM helps engineer low scatter films«.

Durchbruch im IT-Bereich ist die Inbetriebnahme eines Internetanschlusses mit einer Übertragungsrate von 2 MBit/s.

### Ausgewählte wissenschaftliche Entwicklungen

Die Arbeiten zu Piezoaktoren werden am IOF nicht weiter geführt, die Mitarbeiter wechseln in die Industrie.

Arbeiten zur Laserlithographie für die Erzeugung mikrooptischer Strukturen starten.

Ein elektrostatischer 300 mm Wafer-Chuck für die Ionenprojektionslithographie wird gefertigt.

Eine Sputteranlage MRC 903 M zur Herstellung von Mo/Si-Multilayer für EUV-Anwendungen sowie ein Röntgendiffraktometer D 5005 zur Vermessung der Schichten werden in Betrieb genommen.

Hinsichtlich Wirtschaftlichkeit nimmt das IOF unter den 47 Fraunhofer-Instituten bereits den zehnten Platz ein.

### Besondere Ereignisse

Dr. Franz-Ferdinand von Falkenhausen, Carl Zeiss Jena GmbH, wird Vorsitzender des Kuratoriums.

Dr. Andreas Bräuer wird Leiter der Abteilung Mikrooptik.

Im Dezember gründet sich die GRINTECH GmbH als zweites Unternehmen aus dem IOF aus. Geschäftsfelder sind GRIN-Linsen und -Linsensysteme für Biomedizintechnik, Endoskopie, Sensorik, Strahlformung für Laserdioden und Telekommunikation.

### Ausgewählte wissenschaftliche Entwicklungen

EUV-Schichtsysteme mit hoher thermischer Stabilität werden hergestellt. Die ersten Reflexionsmessungen an der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) in Berlin zeigen ein Reflexionsvermögen von 56 % bei einer Wellenlänge von 13 nm.

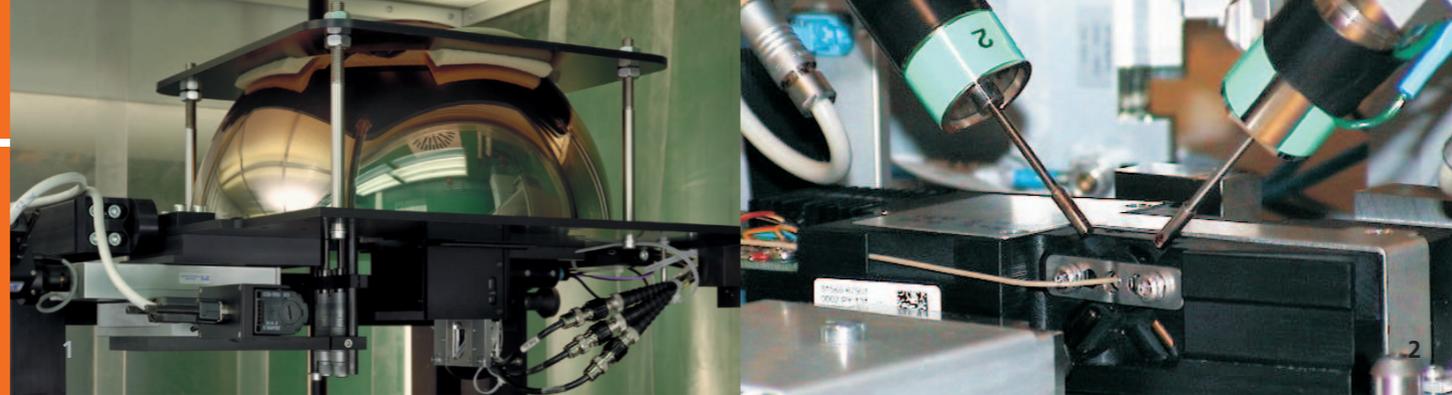
Das erste Seriengerät eines vollautomatischen 3D-Digitalisierungssystems für CAD/CAM in der Zahnmedizin »digident« wird auf der internationalen Dental Show IDS in Köln mit den Firmen Hintersehr GmbH und Girrbach Dental Systeme vorgestellt.

Zum Nachweis von Molekülen an Oberflächen wird ein planares Biosensorarray entwickelt. Das Sensorprinzip beruht auf dem Effekt der Oberflächen-Plasmonen-Resonanz.

1 Röntgendiffraktometer D 5005.

2 Planares SPR-Biosensor-Array auf Wellenleiterbasis.

{2000}



{2001}

### Besondere Ereignisse

Die unique m.o.d.e AG mit den Geschäftsfeldern mikro-optische Strahlformung und Fertigung miniaturisierter Hochleistungs-Diodenlasermodule hoher Strahlqualität und Brightness gründet sich aus.

Im November wird der Grundstein für den Bau des neuen Institutsgebäudes auf dem Beutenberg gelegt.

Das IOF beginnt mit der Ausbildung von Physiklaboranten. Seither haben 6 Physiklaboranten die Ausbildung am IOF erfolgreich abgeschlossen, drei befinden sich gegenwärtig in der Ausbildung.

### Ausgewählte wissenschaftliche Entwicklungen

Zum ersten Mal gelingt die zweiseitige UV-Replikation von Linsenarrays auf einem Glaswafer.

Die Konzeptentwicklung für selbstkalibrierende multi-view 3D-Messsysteme ist die Geburtsstunde der 3D-Systemfamilie »kolibri«.

Das weltweit erste komplexe System zur Messung von winkelabhängigem Streulicht, Reflexion und Transmission bei 157 nm und 193 nm ist entwickelt.

Ein neuartiger Nitinol-Stent für die Platzierung am Ausgang des schlagenden Herzens wird in Zusammenarbeit mit dem Klinikum der Friedrich-Schiller-Universität realisiert.

### Besondere Ereignisse

Am 6. Juni wird Richtfest für den Neubau am Beutenberg gefeiert.

Im November 2001 unterzieht sich das IOF einem externen Audit durch hochrangige Vertreter aus Industrie und Wissenschaft. Die Auditoren bestätigen dem Institut ein hohes wissenschaftlich-technisches Niveau und betonen insbesondere die Verbindung von Optik und Präzisionsmechanik.

Der Thüringer Forschungspreis 2001 in der Kategorie Transfer geht an Dr. Gunther Notni, Peter Kühmstedt und Dr. Jörg Gerber für die Entwicklung und Überführung des »High-Speed-3D-Digitalisierers für CAD/CAM in der Zahnmedizin und Industriedigitalisierung«.

### Ausgewählte wissenschaftliche Entwicklungen

Der bis dato aufwendigste Auftrag, der gemeinsam mit Partnern aus der Industrie bearbeitet wurde, wird mit der Lieferung eines hochpräzisen Vollautomaten zur Justage von Monomode-Faserbaugruppen an die Agilent Deutschland GmbH abgeschlossen.

Mit dem Kick-off-Meeting im Mai beginnt, gefördert durch eine Investition aus dem Strategiefonds der FhG, die Entwicklung eines EUV-Schwarzschildobjektivs gemeinsam mit den Fraunhofer-Instituten ILT und IWS.

Die kratzfeste Antireflexbeschichtung AR-hard® ist entwickelt.

Der 3D-Gesichtsscanner »G-Scan« für Anwendungen in der plastischen und der Kieferchirurgie ist fertiggestellt.

- 1 Coblenzkugel des Streulichtmesssystems.
- 2 Schlagwerkjustierung zur Fasermontage.

{2002}



### Besondere Ereignisse

Im Februar feiert das Fraunhofer IOF im Planetarium sein 10jähriges Jubiläum, Gastredner sind Prof. Dr. h. c. Lothar Späth, Vorstandsvorsitzender der JENOPTIK AG, Jenas Oberbürgermeister Dr. Peter Röhlinger und die Thüringer Wissenschaftsministerin Prof. Dr. Dagmar Schipanski.

Im Mai wird die unique m.o.d.e AG in Berlin als Gründerchampion 2002 ausgezeichnet.

Im Dezember gewinnt die ausgegründete Microfluidic ChipShop GmbH den 1. Preis im 5. Thüringer Businessplan Wettbewerb in der Kategorie Produktion.

Auf der Medizinfachmesse medica 2002 gewinnt das Projekt »Perkutane Implantation von Herzklappenprothesen mit Hilfe eines Spezialstents und eines Spezialkatheters« von IOF und Klinik für Innere Medizin der FSU den BMBF-Innovationswettbewerb.

Der Wissenschaftspreis des Stifterverbandes geht auf der FhG-Jahrestagung an das Team des Europäischen Verbundprojekts DONDODEM, an dem 17 Unternehmen und Institute beteiligt

sind, darunter das IOF mit Dr. Andreas Bräuer, Dr. Peter Dannberg und Ulrich Streppel.

Thomas Zentgraf gewinnt den Georg-Simon-Ohm-Preis der DFG für die beste Diplomarbeit auf dem Gebiet der technischen Physik für seine Arbeiten auf dem Gebiet der Dispersionseigenschaften von Wellenleiterarrays.

Von September bis Dezember erfolgt der Umzug in das neue Institutsgebäude auf dem Beutenberg. Jetzt stehen 5000 m<sup>2</sup> moderne Büro- und Laborräume zur Verfügung, die hervorragende Arbeitsbedingungen bieten.

In der Mechanik-Werkstatt wird das erste CNC 5-Achs-Fräsbearbeitungszentrum in Betrieb genommen. Damit ergeben sich völlig neue Möglichkeiten für die Fertigung von Präzisionskomponenten. Aktuell läuft die Beschaffung des sechsten 5-Achs-Dreh-Fräszentrums, mit dem die Fertigung von Spiegelsubstraten mit Durchmesser bis zu 650 mm möglich wird.

Mit dem Umzug auf den Beutenberg wird der Internetanschluss auf eine Datenübertragungsrate von 34 MBit/s erweitert.

### Ausgewählte wissenschaftliche Entwicklungen

Das Laserstrahllöten mikrooptischer Komponenten zum Aufbau hybrider mikrooptischer Systeme ist etabliert.

Der erste LED-Projektor ist in Zusammenarbeit mit Carl Zeiss realisiert. Das Konzept bietet zusammen mit der Entwicklung von High Brightness LED das Potenzial zur Miniaturisierung.

Weltneuheit ist der erste Spiegel für weiche Röntgenstrahlung mit einem Reflexionsvermögen von 17,3 % bei einer Wellenlänge von 3,115 nm. Damit ist der Weg für die Mikroskopie an lebenden Zellen eröffnet.

Die EUV-Beschichtungstechnologie wird zu Schott Lithotec für die Fertigung der weltweit besten Mask Blanks überführt.

Ein umfangreiches Industrieprojekt zu thermooptischen Schaltern mit dem japanischen Unternehmen Matsushita wird erfolgreich abgeschlossen.

*Beim Technischen Leiter war es wieder einmal sehr spät geworden, als er sich mit dem Pkw auf die Heimfahrt machte. Bald folgte ihm sehr dicht bis zum Stellplatz vor dem Haus ein VW-Transporter. Diesem entstieg ein Polizist zwecks Alkoholkontrolle, natürlich mit negativem Ergebnis. Auf die Frage, was ihn zu diesem Unsinn veranlasse, antwortete der Polizist: »Wer um diese Zeit so vorbildlich fährt, muss betrunken sein«.*

- 1 Mechanikwerkstatt mit dem neuen 5-Achs-Fräsbearbeitungszentrum (im Hintergrund rechts).
- 2 Laserstrahlgelötete optische Baugruppe.
- 3 Erster Spezialstent für die minimalinvasive Implantation von Herzklappen.

# MEHR RAUM FÜR FORSCHUNG





## Besondere Ereignisse

Im März wird der Institutsneubau auf dem Beutenberg Campus feierlich eingeweiht.

Im September wird Prof. Dr. Wolfgang Karthe im Rahmen eines Ehrenkolloquiums als Institutsleiter verabschiedet, Prof. Dr. Andreas Tünnermann übernimmt die Leitung des Instituts und der Kooperationsvertrag mit der Friedrich-Schiller-Universität wird vom Präsidenten der Fraunhofer-Gesellschaft und dem Rektor der FSU feierlich unterzeichnet. Damit wird die Zusammenarbeit mit dem Institut für Angewandte Physik (IAP), dessen Leiter Andreas Tünnermann in Personalunion ist, auf eine neue Stufe gestellt.

Erstmals lädt das IOF Partner aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik in die Gaststätte »Zur Noll« zu »Gesprächen über Optik« ein. Damit ist eine gute Tradition begründet, jährlich im November finden sich die Partner zum regen Gedankenaustausch in lockerer Atmosphäre zusammen.

Das IOF richtet im November eine Tagung zur Fachkräftesicherung auf dem Gebiet der Mikrotechnik aus.

Andreas Tünnermann wird für seine Arbeiten zur Entwicklung von Hochleistungsfaserlasern mit dem Otto-Schott-Preis ausgezeichnet.

Der Joseph-von-Fraunhofer-Preis wird auf der FhG-Jahrestagung an Dr. Ulrike Schulz, Dr. Peter Munzert und Dr. Norbert Kaiser für die »Kratzfeste reflexmindernde Beschichtung AR-hard® für transparente Kunststoffe« verliehen.

Der Thüringer Forschungspreis 2003 in der Kategorie Transfer geht an Wolfgang Buß, Dr. Ramona Eberhardt, Dr. Marcus Frank, Matthias Mohaupt und Hein Uhlig für die Entwicklung »Mikrostrukturierte dielektrische Filter für Farbsensorenwendungen«.

Zu den Thüringer Tagen der Optischen Technologien im Mai kommen mehr als 600 Schülerinnen und Schüler zum Beutenberg.

Die Jen.Cardiotec GmbH gründet sich aus. Geschäftsfeld ist die Entwicklung eines Verfahrens zum minimalinvasiven Einbringen eines Herzklappenersatzes über einen Spezialkatheder.

## Ausgewählte wissenschaftliche Entwicklungen

Die erste ultradünne Kamera nach dem Prinzip künstlicher Facettenaugen ist als Labormuster entwickelt.

Die Sputteranlage NESSY zur Beschichtung von EUV-kollektorspiegeln geht in Betrieb.

Die Ultrapräzisionsfertigung von Freiformen und mikrooptischen Strukturen wird durch die Installation des 3-Achsbearbeitungszentrums PRECITECH Freeform 703XG möglich.

Ein bipolarer 300 mm Wafer-Chuck wird an die PTB übergeben.

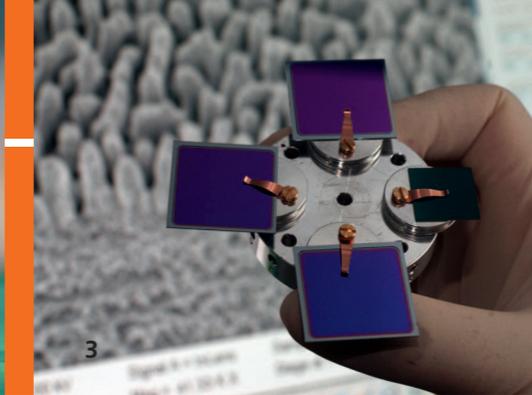
Im Rahmen von öffentlich geförderten Verbundprojekten starten Arbeiten zur Lichtauskopplung und Strahlformung von OLED.

*Blinder Passagier: Feste und Feiern wurden auch von Anwohnern wahrgenommen. So tauchte bei der Einweihungsfeier am Buffet ein Gast auf, der nicht zu den geladenen gehörte. Darauf angesprochen äußerte er, es sei eine gute Tradition auf dem Beutenberg, dass Anwohner zu Festen gern gesehen seien.*

1 *Fraunhofer-Preisträger Dr. Norbert Kaiser, Dr. Peter Munzert und Dr. Ulrike Schulz.*

2 *Ralf Steinkopf beim Ultrapräzisionsdiamantdrehen.*

3 *EUV-Sputteranlage NESSY.*



## Besondere Ereignisse

Im April wird erstmals ein Alumni-Treffen durchgeführt. Die Treffen finden nun jährlich in Verbindung mit dem Sommerfest des Instituts statt.

Im September findet die »10th Microoptics Conference« MOC'04, organisiert vom IOF gemeinsam mit der Mikrooptikgruppe der Japanischen Gesellschaft für Angewandte Physik, in Jena statt. Die Konferenz wurde erstmals ins Ausland vergeben – eine große Anerkennung für die deutsche Mikrooptik, insbesondere am Standort Jena.

Im November besucht der Beauftragte der Bundesregierung für die neuen Länder, Bundesminister Manfred Stolpe, das IOF und informiert sich über Situation und Perspektiven der Optikregion um Jena.

Mehr als 500 Schüler gehen im November in den Instituten des Beutenberg Campus auf eine »Reise durch den Nanokosmos« und erkunden die spannende Welt der Nanotechnologien.

Prof. Dr. Andreas Tünnermann wird gemeinsam mit Dr. Stefan Nolte und Dr. Holger Zellmer für die Entwicklung von Hochleistungs-Faserlasern als Basis für die Erschließung neuer Anwendungen mit dem Bertold-Leibinger-Innovationspreis 2004 ausgezeichnet.

Mit dem Preis der wissenschaftlichen Gesellschaft für Lasertechnik 2004 wird Dr. Uwe D. Zeitner für seine Leistungen bei der Erschließung neuer Forschungsfelder ausgezeichnet.

Mit dem Thüringer Forschungspreis 2004 im Bereich Angewandte Forschung werden Dr. Andreas Bräuer, Dr. Peter Dannberg, Jaques Duparré und Dr. Peter Schreiber für die Entwicklung der ultraflachen Facettenaugen-Kamera geehrt.

Der Hugo-Geiger-Preis geht an Michaela Harz für ihre Diplomarbeit »SPR-Sensor zur parallelen Detektion von mehreren biochemischen Proben«.

Den 4. Preis im Bundeswettbewerb »Jugend forscht« gewinnt ein im IOF angeleitetes Schüler-Team mit einem Demonstrator für einen 3D-Scanner.

## Ausgewählte wissenschaftliche Entwicklungen

Das neuartige Plasmaverfahren zur Entspiegelung von Kunststoffoberflächen AR-plas® wird entwickelt.

Durch die Erzeugung stochastischer Nanostrukturen gelingt es, ultrahydrophobe Oberflächen herzustellen.

Mittels Laserlithographie gelingt die Erzeugung definierter mikrooptischer Strukturen auf gekrümmten Oberflächen.

Erste Arbeiten zur Wafer-Level-Fertigung mikrooptischer Komponenten laufen.

Durch ein neuartiges Faserlaserkonzept werden Ausgangsleistungen von 1,3 kW bei einer Strahlqualität von  $M^2 < 3$  erzielt.

Die 3D-Messzelle »kolibri 1500« wird an die Motorengießerei von BMW ausgeliefert.

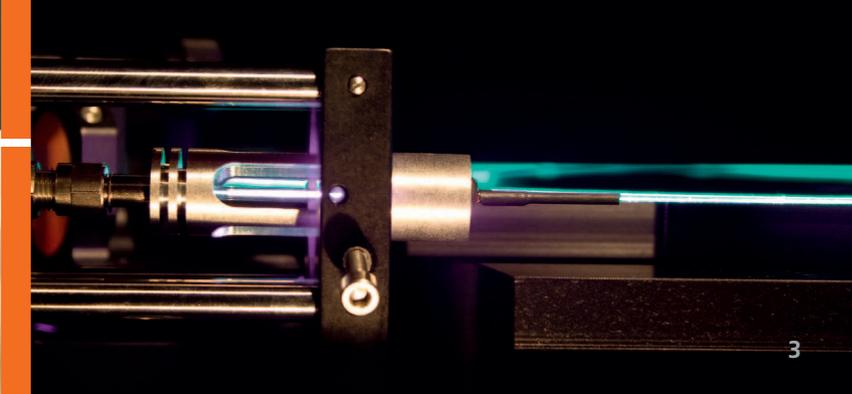
*Die ultraflache Facettenaugen-Kamera weckte auch das Interesse der »Regenbogenpresse«. Für die fachliche Recherche blieb aber wahrscheinlich nicht genügend Zeit, denn am Ende des Berichts stand die Frage: »Und wo ist eigentlich Platz für den Film Herr Dr. Duparré?«*

**1** Bundesminister Dr. Manfred Stolpe zu Besuch im IOF, hier bei der Vermessung mit dem 3D-Gesichtsscanner.

**2** Zirkulares binäres Gitter auf konkavem Substrat.

**3** Untersuchung von Antireflexstrukturen am Rasterelektronenmikroskop.

**4** Halbseitig entspiegelte PMMA-Scheibe.



## Besondere Ereignisse

Prof. Dr. Andreas Tünnermann wird für seine »bahnbrechenden Arbeiten zur Entwicklung von Hochleistungs-Faserlasern« mit dem Gottfried Wilhelm Leibniz-Preis der Deutschen Forschungsgemeinschaft ausgezeichnet. Mit dem Preisgeld von 1,55 Mio € werden neue Forschungen angeschoben.

Mit dem vom BMBF bewilligten Zentrum für Innovationskompetenz »ultra optics« wird das gemeinsam an IOF und IAP bearbeitete Forschungsfeld Mikro- und Nanostrukturierte Optik wesentlich gestärkt.

Das IOF stellt erstmals auf der Photonics West aus, Exponate sind die ultraflache Kamera und LED-Strahlformungsoptiken.

Im Mai organisiert das IOF in Shanghai gemeinsam mit der Tongji-Universität erstmals einen Expertenworkshop zum Thema Optische Schichten.

Ebenfalls im Mai besuchen Wissenschafts- und Kulturreferenten ausländischer Botschaften das IOF.

Im September findet das SPIE-Symposium Optical Systems Design, organisiert von IOF und FSU, erstmals in Jena statt.

Im Oktober veranstaltet das IOF gemeinsam mit OptoNet und der Tohoku Universität das »5th International Symposium on Advanced Organic Photonics« auf den Beutenberg.

Prof. Dr. Andreas Tünnermann wird für 3 Jahre in das internationale Konzil der OSA (Optical Society of America) gewählt.

Auf der nano tech in Tokio wird dem IOF gemeinsam mit dem Fraunhofer ISC der nano tech Award für mikrooptische Elemente in ORMOCER® verliehen.

Der Preis der Physikalisch-Astronomischen Fakultät für die beste Diplomarbeit geht an Ulrike Fuchs für ihre Arbeit »Propagation ultrakurzer Laserpulse«.

Prof. Wolfgang Karthe erhält auf der MOC'05 in Tokio den Contribution Award 2005.

Dr. Volker Guyenot wird in den Ruhestand verabschiedet, Leiterin der Abteilung Feinwerktechnik wird Dr. Ramona Eberhardt.

Der Technische Leiter Dr. Hartwig Treff, der die Entwicklung des Instituts von Anfang an begleitet hat, geht in den Ruhestand.

## Ausgewählte wissenschaftliche Entwicklungen

Im Auftrag der norwegischen Firma NordicNeuroLab wird die Optik für ein OLED-basiertes visuelles Stimulationssystem für die funktionelle Magnet-Resonanz-Tomographie entwickelt.

Im Bereich Feinwerktechnik wird im Auftrag eines Unternehmens, das Haarpflegeprodukte herstellt, eine automatische Vorrichtung zur Handhabung von Haaren für die Durchführung von Qualitätstests entwickelt.

Die Entwicklung eines EUV-Schwarzschild-Objektivs zur Erzeugung einer hohen Energiedichte im Fokus für Grundlagenuntersuchungen von Photonen-Materie-Wechselwirkungsprozessen ist abgeschlossen.

Durch das Design einer mikrostrukturierten photonischen Kristallfaser mit den Außendimensionen eines Stablasers und den Funktionseigenschaften einer Faser ist eine signifikante Leistungsskalierung des Faserlasers möglich.

Am IAP gelingt die Entwicklung des weltweit leistungsstärksten Ultrakurzpuls-Faserlasers mit einer Ausgangsleistung von mehr als 100 Watt.

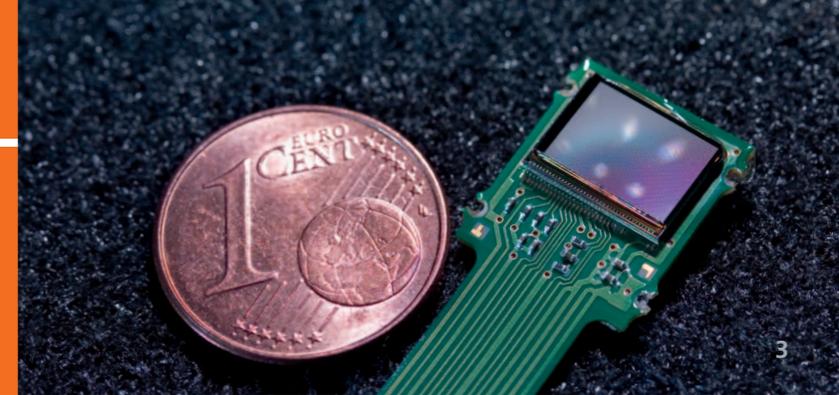
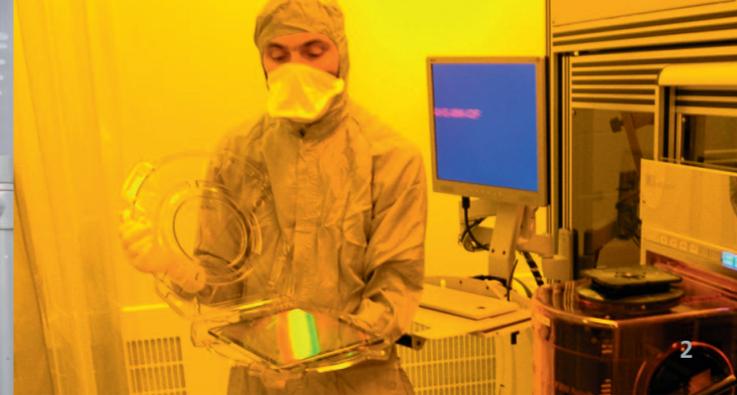
*König des Lichts: Die Freude über den Gewinn des Leibniz-Preises durch Prof. Tünnermann als einzigem Forscher im Osten veranlasste die Bild-Zeitung zu dem Satz »Doch sein mystisches Feuer (Anm. d. Red.: das Leuchten des Wurms Seemaus) ist in Wahrheit ein optisches Signal und die wichtigste Forschungsgrundlage für Deutschlands König des Lichts!«. Dieser neue Titel ist einigen Fachkollegen noch heute in Erinnerung.*

1 Teilnehmer des internationalen Symposiums

»Advanced Organic Photonics« im IOF.

2 OLED-basiertes visuelles Stimulationssystem für die fMRT.

3 Ultrakurzpuls-Faserlaser.



## Besondere Ereignisse

Im Januar wird der Innovationscluster JOIN - Jena Optical Innovations gegründet. Fraunhofer-Gesellschaft, Freistaat Thüringen, Friedrich-Schiller-Universität und die Thüringer Wirtschaft fördern die Zusammenarbeit der Akteure auf dem Gebiet der Optischen Technologien in der Region.

Im Februar wird Dr. Norbert Kaiser zum Honorarprofessor an die Fachhochschule Jena berufen.

Im Juli wird das Center for Advanced Micro- and Nano-Optics, CMN-Optics, feierlich eröffnet, und die mit Mitteln des Freistaates und der Europäischen Union finanzierte Elektronenstrahl-Lithographieanlage Vistec SB350 OS geht in Betrieb.

Bundesminister Wolfgang Tiefensee stellt bei seinem Besuch im August fest, dass die gelebte Zusammenarbeit von Wirtschaft und Wissenschaft in Jena beispielgebend und die Basis für Innovationen ist.

Im September wird die PROMOT-Studie »Produktion von mikrooptischen Bauteilen und Systemen – Status und Perspektiven« an das BMBF übergeben.

Im Dezember wird mit Unterstützung des BMBF das »Applikationszentrums Mikrooptische Systeme – amos« gemeinsam mit dem CiS Erfurt eröffnet und die Nachwuchsgruppe »NanoReplica« wird gegründet.

Den Preis der Physikalisch-Astronomischen Fakultät für die beste Dissertation erhält Dr. Jaques Duparré für seine Arbeit »Microoptical artificial compound eyes«.

Gemeinsam mit Kooperationspartnern von OSRAM OS, Carl Zeiss und Siemens VDO gewinnen Dr. Andreas Bräuer, Dr. Peter Dannberg, Dr. Sergey Kudaev und Dr. Peter Schreiber den Wissenschaftspreis des Stifterverbandes 2006 für ihre Ergebnisse im Verbundprojekt »Kompakte LED-Lichtquellen«.

Der Joseph-von-Fraunhofer-Preis geht an Christoph Damm, Dr.-Ing. Volker Guyenot und Dr. Thomas Peschel für ihre Arbeiten zu »Minimalinvasiver Herzklappenersatz mit einer transkardial implantierbaren Herzklappenprothese«.

Das Patentportfolio zu minimalinvasivem Herzklappenersatz geht an die JenaValve GmbH, die eine Finanzierung über VC-Gesellschaften und die Fraunhofer Venture Group für die Marktvorbereitung akquiriert hat.

## Ausgewählte wissenschaftliche Entwicklungen

Der erste Laser-Pico-Projektor macht Schlagzeilen und das Farbsehen mit künstlichen Facettenaugen wird realisiert.

Die Infrarot-Kamera für das Skinakas-Observatorium auf Kreta geht in Betrieb.

Der Piston-Mirror für das Large Binocular Telescope (LBT) in Arizona ist fertig gestellt.

Für die Erdbeobachtung wird ein Three Mirror Anastigmat-Teleskop entwickelt und gefertigt.

Im ZIK »ultra optics« gelingt die Erzeugung von Metamaterialien mit negativem Brechungsindex in Form von Gold-Nanodrahtpaaren.

Der patentierte Prozess zur Erhöhung der Haftfestigkeit von Antireflexschichten auf PMMA wird an die Unternehmen JENOPTIK Polymer Systems und Fuji Magnetics überführt.

Mittels Ultrapräzisionsbearbeitung werden Abformwerkzeuge mit einer Oberflächenrauheit < 30 nm zum Prägen optischer Komponenten in Glas gefertigt.

*Auch auf sportlichem Gebiet war das IOF erfolgreich. Beim Fraunhofer-Fußballturnier ging die Mannschaft des IOF als Sieger hervor. Der Erfolg konnte in den Folgejahren leider nicht wieder erreicht werden.*

- 1 *Fraunhofer-Preisträger Dr. Volker Guyenot, Dr. Thomas Peschel und Christoph Damm.*
- 2 *Elektronenstrahl-Lithographieanlage Vistec SB350 OS im CMN-Optics.*
- 3 *Prototyp eines ultrakompakten abbildenden Sensors für Automobilanwendungen nach dem Prinzip künstlicher Facettenaugen.*

{2007}



### Besondere Ereignisse

Im Dezember wird der Deutsche Zukunftspreis, der Preis des Bundespräsidenten für Technik und Innovation, an Dr. Andreas Bräuer, stellvertretend für das Entwicklerteam aus dem IOF, sowie an Dr. Klaus Streubel und Dr. Stefan Illek von OSRAM Opto Semiconductors für die Entwicklung effizienter LED-Lichtquellen verliehen.

Der Thüringer Forschungspreis 2007 in der Kategorie Angewandte Forschung geht an Tino Benkenstein, Christoph Damm, Dr. Torsten Feigl, Dr. Thomas Peschel, Sven Schröder, Dr. Sergiy Yulin und Dr. Uwe D. Zeitner für die Entwicklung von Komponenten und Systemen für die EUV-Lithographie.

Im April wird der Förderbescheid des BMBF für das Verbundprojekt »onCOOptics – Hochintensitätslaser für die Radioonkologie« übergeben.

Die Ausstellung »Spiegelwelten« im IOF zur Langen Nacht der Wissenschaften lässt Groß und Klein staunen.

Die Inline-Sputteranlage PRECICOAT wird installiert. Damit ist die Beschichtung großer Substrate mit metallischen und dielektrischen Schichten in getrennten Kammern möglich.



### Ausgewählte wissenschaftliche Entwicklungen

Schlagzeile auf der Photonics West ist: Artificial Compound Eye.

Die Beschichtung von Hochtemperatur-Kollektorspiegeln für die EUV-Lithographie, optimiert für maximale Reflexion bei 13,5 nm und eine Arbeitstemperatur von 400 °C, ist erfolgreich.

Die erste Justierdrehmaschine zur Montage von Präzisionsobjektiven wird an den Kunden übergeben.

Im CMN-Optics werden computergenerierte Hologramme zur Prüfung asphärischer Spiegeloptiken gefertigt.

Mittels Laserspleißen werden Faserendkappen monolithisch an optische Fasern gefügt.

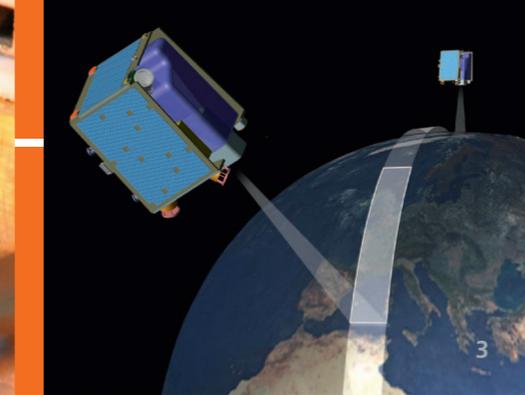
Das Solder Bumping wird am Beispiel der Montage von FAC-Linsen vor Diodenlaserbarren als alternatives Fügeverfahren für opto-elektronische Systeme eingeführt.

Ein intraoraler 3D-Digitalisierer für die Zahnmedizin ist prototypisch entwickelt.

*Alte Bekannte: Der Thüringer Ministerpräsident Dieter Althaus besuchte die Photonics West in San Francisco. Nicht schlecht staunte er, am Messestand des IOF seinen ehemaligen Schüler Frank Wippermann anzutreffen, der als Doktorand des IOF die ultraflache Facettenaugenkamera präsentiert.*

*1 Nach der Verleihung des Deutschen Zukunftspreises 2007.*

*2 Die Preisträger des Thüringer Forschungspreises 2007 mit dem Thüringer Wissenschaftsminister Prof. Dr. Jens Göbel (rechts).*



## Besondere Ereignisse

Mit dem Workshop »Moderne Beleuchtungskonzepte« beteiligt sich das IOF im Januar am Lichtsymposium der FSU im Rahmen der 450-Jahrfeier der Alma Mater Jenensis.

Im Februar informiert sich Vizekanzler Frank-Walter Steinmeier bei seinem Besuch im IOF über die Entwicklung effizienter LED-Lichtquellen.

Das IOF richtet im März die Frühjahrstagung der mitteleuropäischen Sektion der Society for Information Display SID »Microdisplay, Applications and Optics« aus.

Im August werden fünf baugleiche Erdbeobachtungssatelliten der RapidEye AG mit Spiegelsystemen aus dem IOF auf ihre Umlaufbahn um die Erde gebracht.

Unter maßgeblicher Initiative des Fraunhofer-Innovationsclusters JOIN beteiligt sich der Jenaer Optik-Cluster mit der Strategie CoOPTICS – Cooperate in Optics am Spitzencluster-Wettbewerb des BMBF und erreicht den Endausscheid. Auf der Thüringer Regierungspressekonferenz im September verkündet Wirtschaftsminister Jörg Reinholz die Förderung der

geplanten Verbundprojekte aus Mitteln des Freistaates und des Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung EFRE in Höhe von 27,5 Mio € für 3 Jahre.

Bei ihrem Besuch im November bezeichnet Prof. Danuta Hübner, EU-Kommissarin für regionale Entwicklung, die Optik-Region Jena als beispielgebend für die Profilbildung von Regionen in Europa.

Mit einem Ehrenkolloquium gratuliert das Institut seinem ersten Leiter Prof. Wolfgang Karthe zum 70sten Geburtstag.

Den Heptagon-Sven-Bühling-Forschungsförderpreis in Höhe von 10 T€ erhält Christoph Eckstein für seine Diplomarbeit »Untersuchung von instabilen diffraktiven Laserresonatoren«.

Mit dem Hugo-Geiger-Preis wird Andreas Brückner für seine Diplomarbeit »Hochgenaue Positionsbestimmung mit künstlichen Facettenaugenobjektiven« ausgezeichnet.

Auf dem Thüringer Innovationstag wird Marcel Hornaff für seine Diplomarbeit »Prozessuntersuchungen der Fügetechnologie Solder Bumping« mit dem STIFT-Preis für hervorragende anwendungsorientierte Diplomarbeiten geehrt.

## Ausgewählte wissenschaftliche Entwicklungen

Gemeinsam mit der 2K Moxa Lighting GmbH wird eine energieeffiziente LED-Straßenleuchte entwickelt, sieben Leuchten werden zu Testzwecken in Jena installiert.

Durch inkohärente Kombination von 4 Laserstrahlen über ein elektronenstrahlolithographisch hergestelltes Reflexionsgitter gelingt die Erzeugung eines 2 kW-Faserlasersystems mit einer Strahlqualität  $M^2 \leq 2$ .

Das weltweit erste, am IOF entwickelte EUV-Streulichmesssystem, das ohne Synchrotronstrahlung arbeitet, geht in Betrieb.

Eine Optimierung des Zellkonzepts für kostengünstige SIS-Solarzellen wird durch Nanostrukturierung der Siliziumgrenzflächen zur Erhöhung der Transmission möglich.

Der am IOF entwickelte Prototyp eines Masken-Chucks für die EUV-Lithographie entspricht den Anforderungen der SEMATECH.

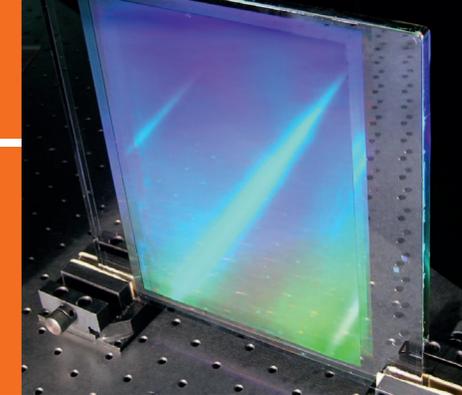
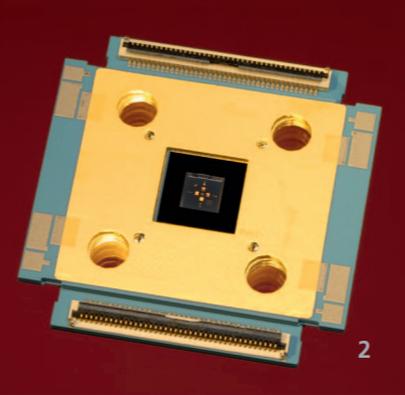
1 *Minister Jürgen Reinholz, Prof. Danuta Hübner, Ministerpräsident Dieter Althaus (v.l.n.r.) am IOF.*

2 *Montage einer Asphäre vor eine Laserdiode mittels Solderjet Bumping.*

3 *Satelliten des Erdbeobachtungssystems RapidEye.*

© RapidEye AG

4 *LED-Straßenleuchte.*



## Besondere Ereignisse

Im April erfolgt die Inbetriebnahme einer modernen farb- und helligkeitssteuerbaren LED-Beleuchtung im Beratungsraum »Otto Schott«.

Ebenfalls im April wird ein dual-beam Computertomograph zur Materialprüfung installiert.

Im Mai veranstaltet das IOF in München das Fraunhofer-Forum »Green Photonics – Optische Lösungen für die Zukunft«.

Im Juni wird im Rahmen der Laser-Messe in München das Memorandum »Photonik 2020 – Lösungen aus Licht«, zu dessen Initiatoren Prof. Tünnermann gehört, von führenden Vertretern aus Wissenschaft und Industrie der Öffentlichkeit präsentiert.

Ende Juni erfolgt der Spatenstich für die Erweiterung des IOF.

Die Sputteranlage NESSY II zur Beschichtung von EUV-Spiegeln mit Durchmessern > 60 cm wird beschafft.

Für die Wafer-Level-Fertigung mikrooptischer Komponenten wird eine Step and Repeat-Anlage EVG 770 installiert.

Im September wird gemeinsam mit dem Lehrstuhl Digitale Bildverarbeitung der FSU die 31. Tagung der Deutschen Arbeitsgemeinschaft für Mustererkennung in Jena durchgeführt.

Im Dezember wird die zweite Förderphase für das Zentrum für Innovationskompetenz »ultra optics« mit zwei neuen Nachwuchsgruppen bewilligt.

Prof. Dr. Norbert Kaiser wird zum SPIE-Fellow berufen.

Mit der »Active Fiber Systems GmbH« gründet sich das sechste Unternehmen aus dem Fraunhofer IOF aus.

Strategische Partnerschaften mit anderen Forschungsorganisationen werden ausgebaut:

- Mit dem in Jena gegründeten Helmholtz-Institut werden Hochleistungslaser entwickelt.
- Mit dem Max-Planck-Institut für Astronomie in Heidelberg werden Metalloptiken für Anwendungen in Astronomie und Grundlagenforschung untersucht.
- Mit dem französischen CARNOT-Institut CARIA in Rouen werden kostengünstige fs-Faserlaser hoher Strahlqualität für Anwendungen in Industrie und Medizintechnik entwickelt.

## Ausgewählte wissenschaftliche Entwicklungen

Weltneuheit ist der auf der Laser-Messe präsentierte Array-Projektor.

Das erste table-top Streulichtmesssystem Albatross TT für die Politurkontrolle an Schmucksteinen wird ausgeliefert.

Gemeinsam mit dem IAP gelingt die Entwicklung eines Ultrakurzpuls-Faserlasers mit einer mittleren Leistung von 830 W.

Das im Rahmen einer Studie im CMN-Optics mittels Elektronenstrahlolithographie gefertigte Spektrometergitter wird als Flugmodell für die GAIA-Weltraummission der ESA ausgewählt.

Für die Ultrapräzisionsfertigung von Metallspiegeln wird ein neues Verfahren unter Nutzung von Referenzmarken entwickelt. Damit gelingt die Verbesserung der Lagebeziehung von Mehrspiegelanordnungen um eine Größenordnung.

Für die »Multi Shaped Beam Lithography« werden im Auftrag der Vistec Electron Beam GmbH Mehrfach-Ablenkarrays entwickelt.

*Unverhofft zum neuen Job: Im April wurde Prof. Norbert Kaiser zum SPIE-Fellow gewählt, was in der Presse mit Text und Bild gewürdigt werden sollte. Nicht schlecht staunten wir, als uns Prof. Kaiser als Leiter des Amtsgerichts Stadtroda in einem Beitrag zu Emotionen im Gerichtssaal aus der Tagespresse anlächelte.*

- 1 Spatenstich für den Erweiterungsbau.
- 2 Montiertes Mehrfach-Ablenkarray für die »Multi Shaped Beam Lithography«.
- 3 Array-Projektor.
- 4 Spektrometergitter für die GAIA-Weltraummission.



## Besondere Ereignisse

Prof. Dr. Andreas Tünnermann wird im Januar von der Optical Society of America zum OSA-Fellow berufen.

Fraunhofer-Vorstand Prof. Ulrich Buller zeichnet den langjährigen Vorsitzenden des Kuratoriums, Herrn Dr. Franz-Ferdinand von Falkenhausen, mit der Fraunhofer-Medaille aus.

Auf der Kuratoriumssitzung im April wird Dr. Michael Mertin, Vorstandsvorsitzender der JENOPTIK AG, zum Vorsitzenden des Kuratoriums gewählt.

Im Juni präsentiert sich das IOF mit Präzisionsoptiken für Weltraumanwendungen erstmals auf der Internationalen Luftfahrtausstellung ILA in Berlin.

Im Juli besucht der Thüringer Wirtschaftsminister Matthias Machnig das IOF und berät mit IOF-Forschern die Potenziale von »Green Photonics«.

Im September ist Richtfest für den Erweiterungsbau.

Im Oktober wird das Fraunhofer IOF für hervorragende Leistungen bei der Beschichtung von EUV-Kollektorspiegeln

mit dem Cymer Service Award ausgezeichnet.

Im November bewilligt der Vorstand der Fraunhofer-Gesellschaft die Förderung des Innovationscluster Green Photonics, der in Public-Private-Partnership die Kräfte von Bund, Land, Wirtschaft und Wissenschaft bündelt mit dem Ziel, Potenziale zur nachhaltigen Nutzung von Licht zu erschließen.

Für seine Diplomarbeit »Ultraflache Präzisionsoptik« wird Marcel Sieler mit dem Hugo-Geiger-Preis ausgezeichnet.

Der STIFT-Preis für herausragende anwendungsorientierte Dissertationen geht an Dr. Martin Bischoff für seine Arbeit »Plasmagestützte Beschichtung von Metallfluoriden für den tiefen ultravioletten Spektralbereich«.

Den STIFT-Sonderpreis für Wissensbasiertes Innovationspotenzial erhält Prof. Dr. Jens Limpert.

Antje Oelschläger wird als anerkannte Ausbilderin von der IHK Ostthüringen geehrt.

Strategische Themen wie Freiformoptik, Siliziumoptik, Ultrakurzpulslasertechnik sowie Terahertz-Tomographie werden mit Unterstützung von Bund und Land in Angriff genommen.

## Ausgewählte wissenschaftliche Entwicklungen

Der Prototyp eines ultraflachen Mikroskops weist eine Bauhöhe von nur 5,3 mm auf und erlaubt die Erfassung eines ausgedehnten Objektfeldes mit einer Auflösung von 5 µm.

Eine ultrakompakte Endoskop-Kamera mit VGA-Auflösung ist prototypisch realisiert.

Die ultradünne Kamera (elektronisches Clusterauge) erreicht VGA-Auflösung.

Ein High Speed-High Resolution Sensor für die Leiterplatteninspektion wird an den Kunden übergeben.

Im Projekt MINERVA werden erstmals organische UV-Schutzschichten entwickelt.

Mit der Freiformbearbeitung von Mikrooptiken auf gekrümmten Oberflächen schließt die Ultrapräzisionsbearbeitung an den Grenzbereich lithographischer Verfahren zur Strukturierung dreidimensionaler Mikrooptiken an.

Die Strukturierung von Diamant mit Ultrakurzpulslasern ermöglicht die Herstellung von Diamantfräswerkzeugen.

*IOF-Wissenschaftler auf Spurensuche: Unbürokratische Hilfe haben Kollegen des IOF geleistet, als der 3D-Handscanner von der Jenaer Kriminalpolizei zur Spurensicherung bei einem Einbruch in ein Jenaer Einkaufszentrum angefordert wurde.*

- 1 Richtfest für den Erweiterungsbau.
- 2 Fast-Tool-Servo (FTS) diamantgedrehtes Linsenarray.
- 3 Prototyp des elektronischen Clusterauges mit VGA-Auflösung (rechts) im Vergleich zu einem konventionellen Objektiv einer Webcam (links).
- 4 Prototyp des High Speed-High Resolution Sensor für die Leiterplatteninspektion.



## Besondere Ereignisse

Im April wird Prof. Andreas Tünnermann zum Mitglied der acatech, der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften, gewählt.

Für seine Verdienste um die Forschung zu optischen Technologien in Thüringen und seinen Beitrag zur Festigung der Spitzenstellung Thüringens auf dem Gebiet der Optik wird Prof. Andreas Tünnermann am 12. Mai 2011 der Thüringer Verdienstorden durch Ministerpräsidentin Christine Lieberknecht verliehen.

Auf der LASER World of PHOTONICS wird am 24. Mai der Innovationscluster »Green Photonics« offiziell eröffnet. Für das erste von der Thüringer Aufbaubank geförderte Verbundprojekt wird der Förderbescheid an die Projektpartner asphericon GmbH und Fraunhofer IOF übergeben.

Im September beginnt der Bezug des Erweiterungsbaus.

Im Oktober richtet das IOF gemeinsam mit dem OptoNet e.V. und der CoOPTICS GmbH die Zukunftskonferenz Green Photonics in Jena aus.

Für ihre Masterarbeit »Aufbau und Charakterisierung eines Messsystems für die Tomographie mittels ultrakurzer Terahertz-Pulse« wird Annika Brahm auf der Fraunhofer-Jahrestagung mit dem Hugo-Geiger-Preis ausgezeichnet.

Der Thüringer Forschungspreis 2011 in der Kategorie Transfer geht an Dr. Ulrike Schulz und Dr. Peter Munzert für »Reflexfreie Kunststoffoptik durch AR-plas@«.

Friedrich Rickelt hat mit der Note »Sehr gut« als bester Physikalaborant im Bereich der IHK Ostthüringen seine Ausbildung am IOF abgeschlossen und wird von der FhG als einer ihrer besten Auszubildenden ausgezeichnet. Gleichzeitig wird Antje Oelschläger für ihre Leistungen als Ausbilderin geehrt.

Dr. Angela Duparré wird von der Europäischen Optischen Gesellschaft EOS zum EOS-Fellow berufen.

## Ausgewählte wissenschaftliche Entwicklungen

Durch spektrale Kombination mehrerer Fasern wird eine Laserausgangsleistung von 8,2 kW erreicht.

Der erste tandem-gepumpte Faserlaser mit einer photonischen Kristallfaser und einer Ausgangsleistung von 1 kW wird entwickelt.

Die Entwicklung eines Simulationsmodells zur Behandlung der Presbyopie mithilfe ultrakurzer Laserpulse ist abgeschlossen.

In Zusammenarbeit mit der Jenoptik Polymer Systems GmbH wird ein UV-Kurzpassfilter für Kunststoffoptiken entwickelt und in ein produktionsreifes Stadium überführt.

Ein miniaturisierter Abstands- und Neigungssensor basierend auf einem invers-konfokalen Prinzip unter Nutzung eines bidirektionalen OLED-Mikrodisplay wird entwickelt.

Der Hochleistungs-LED Array-Projektor »Lichtkachel« erzeugt in 3,7 m Entfernung kontrastreiche Bildsequenzen einer Größe von 100 x 75 cm<sup>2</sup> bei einem maximalen Lichtstrom von 1800 Lumen.

1 Verleihung des Thüringer Verdienstordens an Prof. Andreas Tünnermann (v.r.n.l.: MP Christine Lieberknecht, Prof. Andreas Tünnermann, Prof. Cordula Boden).

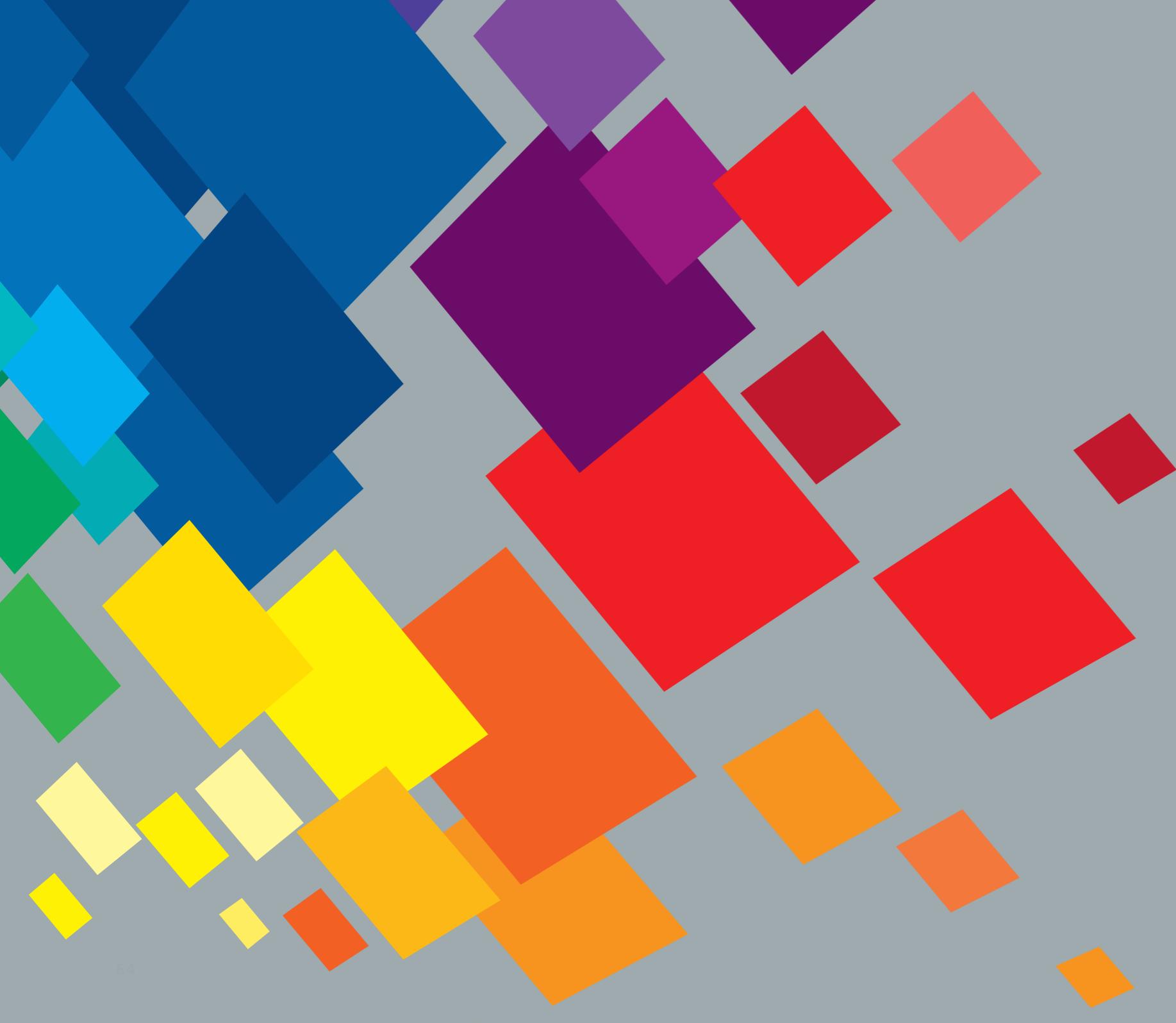
2 Auszubildender Friedrich Rickelt im Labor.

3 Array-Projektor »Lichtkachel«.

# ERWEITERUNG 2011

---



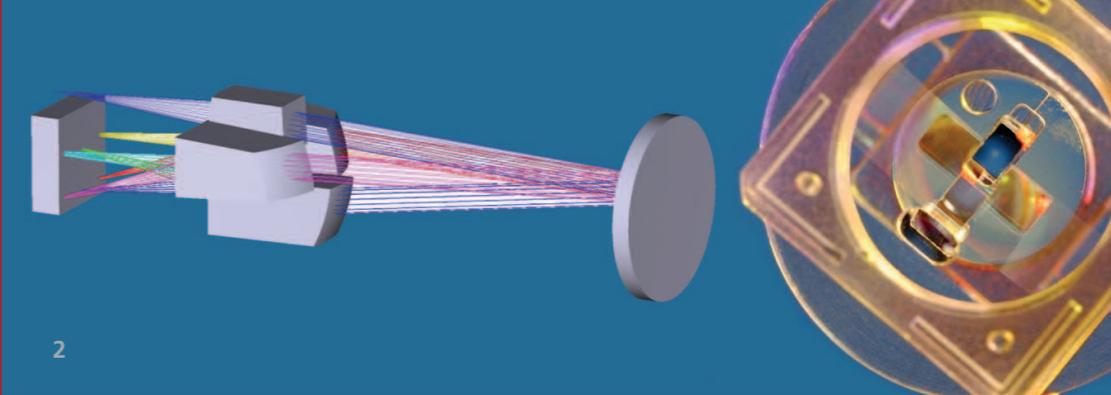


# 20 JAHRE

## LÖSUNGEN MIT LICHT

# DESIGN UND ANALYSE OPTO-MECHANISCHER SYSTEME

- 1 Dr. Martin Palme: Design eines OLED-Okulars mit Eye-Tracker für medizinische Anwendungen.
- 2 Optiksystem des Positionssensors einer laserbelegten optischen Maus: Design und Realisierung als Präzisions-Spritzgussteil.



Seit Gründung des IOF ist die Entwicklung neuartiger optischer und feinmechanischer Systeme mit kunden-spezifischer Performance ein wesentliches Geschäftsfeld. Dafür erforderliche Kernkompetenzen sind das Design des angestrebten Systems und die Optimierung seiner Funktion und Eigenschaften (sowohl optische als auch mechanische), auch für Anwendungen unter extremen Bedingungen, z. B. im Weltraum.

Für den Entwurf der optischen Systeme und Komponenten stehen modernste Werkzeuge des Optikdesigns zur Verfügung. Das beinhaltet auch die Durchführung von komplexen Streulichtanalysen und die Minimierung der Empfindlichkeit gegen Dejustage. Für die Laserentwicklung und die Optimierung von Beschichtungen werden zusätzlich wellenoptische Verfahren eingesetzt. Das mechanische und thermische Verhalten des Systems wird mittels Finite-Element-Modellierung untersucht. Anschließend erfolgt der Entwurf des Systems im CAD. All diese genannten Techniken/Methoden sind miteinander über einen entsprechenden Datenaustausch vernetzt und gestatten eine direkte Ankopplung an Fertigungsprozesse wie z. B. das Diamantdrehen. In modernen optischen Systemen spielen dabei Freiformflächen eine zunehmende Rolle. Die Simulation des Schneidprozesses ist hier eine Voraussetzung für die Erzeugung von Steuerprogrammen für die Fertigung solcher Flächen.

Erfolgreiche Entwicklungen aus dem IOF sind:

- Der Entwurf eines Röntgenmikroskops: Durch eine neuartige mechanische Halterung der optischen Elemente konnten hier Genauigkeitsanforderungen an die optischen Flächen im Bereich von 1 nm erfüllt werden.
- Freiformoptiken für Beleuchtung und Bildgebung: LED-Beleuchtung, geformte Beleuchtung, IR Detektion und messtechnische Projektoren.
- Miniaturisierte Laserbaugruppen.
- Miniaturisierte optische Systeme für Abbildung und Sensorik.
- Ultra-kompakte Mikrodisplay- und OLED-basierte Projektions- und Messsysteme für medizinische und messtechnische Anwendungen (Gesichtsfeldvermessung, Head-Mounted-Display, Magnetenzephalographie, 3D-Messtechnik).
- Hochauflösende, miniaturisierte motorische Zoomobjektive für Handys.
- Komplexe Miniatur-Spritzgussoptik für eine laserbasierte optische Maus mit 10 optischen Funktionsflächen.

Die Kompetenzen im Bereich Simulation opto-mechanischer Systeme werden auch in der Medizintechnik zur Optimierung der Lasertherapie am Auge oder zur Entwicklung von Materialbearbeitungsprozessen mittels Laser eingesetzt.

# MULTILAYER-OPTIKEN FÜR DIE EUV-LITHOGRAPHIE

- 1 660 mm Kollektorspiegel für die Extrem-Ultraviolett-Lithographie.
- 2 EUV-Schwarzschildobjektiv.



Seit den frühen 1970er Jahren folgt die Chipherstellung der Halbleiterindustrie dem so genannten Mooreschen Gesetz: der Verdoppelung der Zahl der Transistoren pro Chip alle zwei Jahre. Nach allgemeinem Konsens führender Halbleiterhersteller wird sich die Miniaturisierung integrierter Schaltkreise auch in den kommenden Jahren fortsetzen. So gilt die EUV-Lithographie mit einer extrem kurzen Wellenlänge von nur 13,5 nm als das bisher aussichtsreichste Herstellungsverfahren für zukünftige Generationen von Computerchips mit Strukturweiten weit unter 16 nm.

Seit seiner Gründung im Jahre 1992 wurden am Fraunhofer IOF Schichtsysteme für die optische Lithographie entwickelt. Hierbei folgte das Institut den Vorgaben der Halbleiterindustrie nach einer stetigen Verringerung der Lithographie-Wellenlänge und konzentrierte sich auf Entwicklungen für 248 nm über 193 nm bis zu 157 nm. Folgerichtig wurde 1997 die strategische Entscheidung getroffen, den eingeschlagenen Weg konsequent fortzuführen und mit der Entwicklung von Schichtsystemen für den extrem ultravioletten (EUV) Spektralbereich – speziell für die Lithographie-Wellenlänge von 13,5 nm – eine bis dato für das Fraunhofer IOF völlig neue Richtung einzuschlagen.

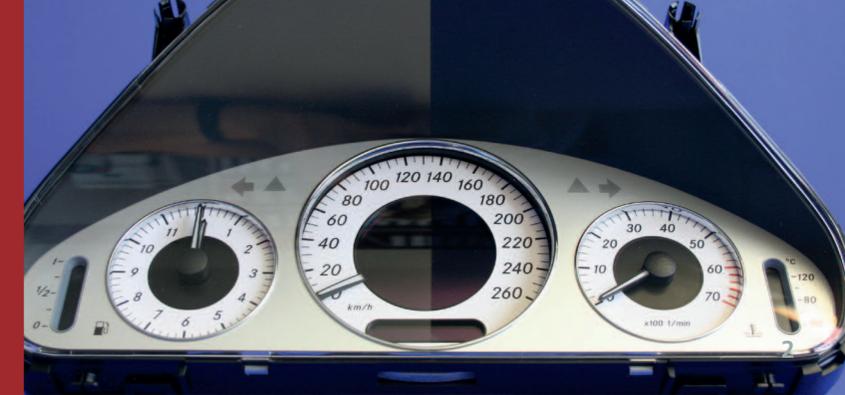
Wurden die FuE-Arbeiten in den ersten beiden Jahren vollständig durch Eigenmittel der Fraunhofer-Gesellschaft finanziert, konnten am Ende der 1990er Jahre erste öffentlich

geförderte Projekte begonnen werden. Schon bald folgten Arbeiten im direkten Auftrag deutscher und internationaler Industrieunternehmen. Mit der Entwicklung und Fertigung der EUV-Spezialsputteranlage NESSY ist das Fraunhofer IOF seit 2003 in der Lage, Beschichtungen großflächiger EUV-Optiken zu realisieren. In Anerkennung gezeigter Leistungen auf dem Gebiet der »Komponenten und Systeme für die EUV-Lithographie bei 13,5 nm« verlieh der Thüringer Kultusminister 2007 einem Team des Fraunhofer IOF den Thüringer Forschungspreis in der Kategorie Angewandte Forschung.

Derzeit werden am Fraunhofer IOF Kollektorspiegel für Hochleistungs-Laserplasmaquellen für die aktuelle Generation von EUV-Lithographieranlagen beschichtet. Die Besonderheit bei der Beschichtung von EUV-Kollektorspiegeln ist die extreme Variation des Einfallswinkels auf der Spiegeloberfläche in Abhängigkeit des Spiegelradius. Dies erfordert die Realisierung eines lateralen Schichtdickegradienten, wobei an jedem Ort der Spiegeloberfläche Schichtdickegenauigkeiten von weniger als zehn Pikometer eingehalten werden müssen. Mit einem Durchmesser von über 660 mm sind die Kollektorspiegel die weltweit größten EUV-Spiegel, die bisher für die EUV-Lithographie hergestellt und mit einem Multilayer-System beschichtet wurden. Zukünftige Arbeiten werden sich mit grundlegenden Untersuchungen von Schichtsystemen bei 6,7 nm auf die kommende EUV-Lithographiewellenlänge fokussieren.

# FUNKTIONALE OPTISCHE SCHICHTEN AUF KUNSTSTOFF

- 1 Untersuchung von Mottenaugenstrukturen am Rasterelektronenmikroskop.
- 2 Armatur mit halbseitig (rechts) mittels AR-hard® entstpiegelter Abdeckung.



Für optische Bauteile wird in zunehmendem Maße Kunststoff anstelle von Glas eingesetzt. Zu den typischen Anwendungen gehören neben Brillengläsern und kompliziert geformten Linsen auch Armatur-Abdeckungen im Fahrzeug. Zur Reflexminderung sind für Kunststoffoptiken wie für Glasoptiken spezielle optische Beschichtungen erforderlich. Kunststoffe sind jedoch hinsichtlich ihrer Oberflächeneigenschaften vielfältiger als Glas und benötigen Spezialprozesse für die Schichtabscheidung. Dieser Herausforderung stellt sich das Fraunhofer IOF seit 1995 durch die Erforschung und Entwicklung von hochwertigen optischen Schichten speziell für Polymersubstrate. Zu diesem Zeitpunkt wurde mit dem Aufbau einer Arbeitsgruppe »Kunststoffbeschichtung« begonnen.

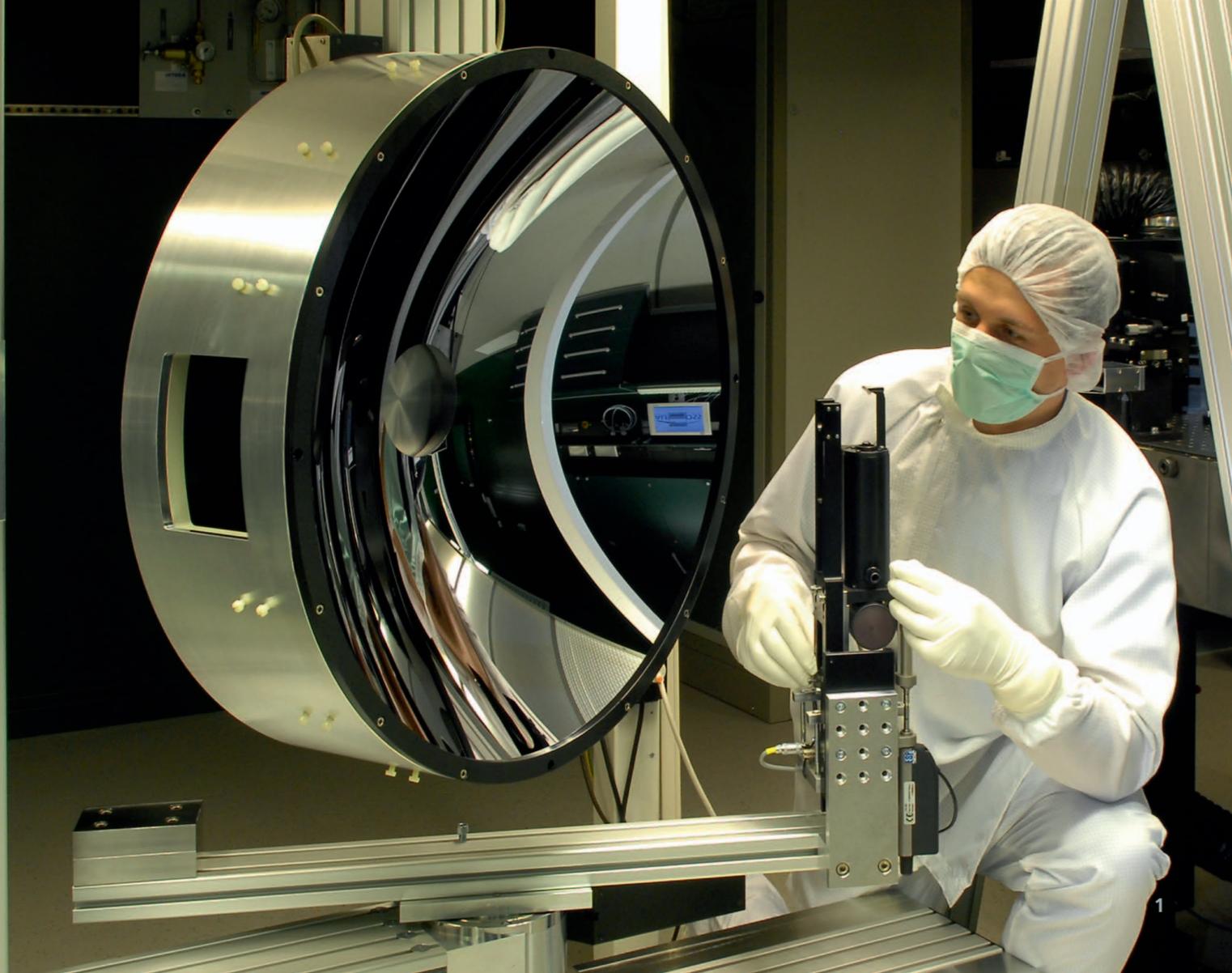
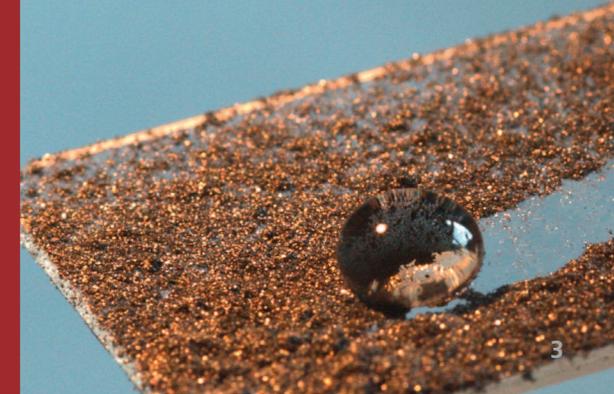
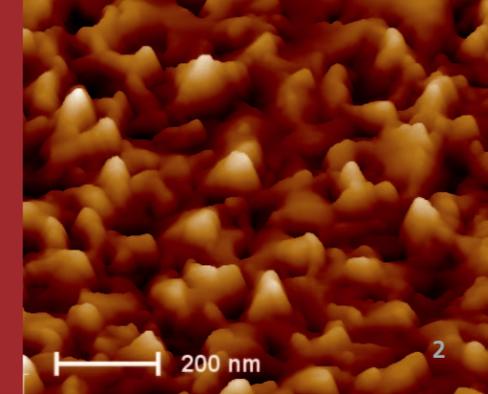
Schwerpunkte der wissenschaftlichen Arbeit waren von Anfang an die Entspiegelung spezieller Polymere wie PMMA und Polycarbonat sowie die Erforschung der Wechselwirkungen von Polymeroberflächen mit beschichtungstypischen Plasmen. Beginnend im Jahr 1997 wurden inzwischen 21 Erfindungen zum Patent angemeldet. Mehrere Prozesse wurden erfolgreich zu Partnern in der Industrie überführt. Lizenz- und Know-how-Verträge bestehen unter anderem mit verschiedenen Thüringer Unternehmen. Herausragende Ergebnisse der Forschungsarbeit sind ein spezielles Verfahren zur Beschichtung von PMMA, die Erfindung und Anwendung des Designprinzips

AR-hard® sowie der Plasmaätzprozess AR-plas® zur Erzeugung von Nanostrukturen mit Antireflexfunktion. Die Entwicklung besonders kratzfester Antireflexschichten für Kunststoffe (AR-hard®) wurde im Jahr 2003 mit dem Joseph-von-Fraunhofer-Preis, den die Fraunhofer-Gesellschaft jährlich für hervorragende anwendungsorientierte Forschungsergebnisse vergibt, ausgezeichnet.

Die Gruppe Kunststoffbeschichtung umfasst heute zehn Mitarbeiter und verfügt über ein deutschlandweit einmaliges Erfahrungspotenzial, ausgewiesen auch durch mehr als 30 wissenschaftliche Publikationen innerhalb der letzten zehn Jahre. Im Rahmen von öffentlich geförderten Verbundprojekten wird mit verschiedenen deutschen Optik-Unternehmen und Firmen aus der Automobilbranche zusammengearbeitet. Darüber hinaus gibt es immer wieder internationale Aufträge, u.a. aus England, Frankreich, der Schweiz und Liechtenstein. Seit 2009 untersucht die Gruppe auch den Einsatz organischer Verbindungen als Schichtmaterialien in Aufdampfprozessen sowie die Strukturierbarkeit dieser Schichten durch Plasmaätzen. Dieses neue Arbeitsfeld und seine Synergien zur Kunststoffbeschichtung werden die Inhalte der Forschungsprojekte in den nächsten Jahren bestimmen.

# SCHICHT- UND OBERFLÄCHEN-CHARAKTERISIERUNG

- 1 EUV-Kollektor im ALBATROSS-Streulichtmesssystem.
- 2 Nanostruktur einer Sol-Gel-Schicht zur Benetzung von Oberflächen.
- 3 Selbstreinigungseffekt an Glasoberfläche mit ultrahydrophober Beschichtung.



1992 verfügten die Arbeitsgruppen »Oberflächencharakterisierung« und »Oberflächenmesstechnik« über einen sehr überschaubaren Pool an Mess- und Auswerteverfahren: die noch an der Friedrich-Schiller-Universität aufgebauten 1D-Streulichtmessanordnungen für die Wellenlänge 632,8 nm sowie ein Phase-Shift-Profilometer zur Rauheitsmessung. Die Modellierung von Streulichtverlusten beinhaltete - aus heutiger Sicht einfache - skalare Theorien.

Die Themengebiete Rauheit und Lichtstreuung blieben seither ein Kernthema der inzwischen fusionierten Arbeitsgruppe »Oberflächen- und Schichtcharakterisierung«. Getrieben vom Trend der optischen Lithographie zu immer kürzeren Wellenlängen und von den Herausforderungen durch die sich stürmisch entwickelnden optischen Technologien entstand über die Jahre am Fraunhofer IOF eine völlig neue Generation von Streulichtmesssystemen, verknüpft mit neuartigen Analyse- und Modellierungsverfahren. Während 1992 ein kommerzielles Streulichtmessgerät aus den USA den internationalen Stand der Technik bestimmte, gilt dies heute für die am IOF entwickelte Systemfamilie. Sie umfasst Systeme für 14 verschiedene Arbeitswellenlängen, vom extremen UV-Bereich (weltweit erste Labor-Streulichtmesstechnik für 13,5 nm) bis in den IR-Bereich bei 10,6  $\mu\text{m}$ . Die exklusiven Mess- und Auswertemöglichkeiten umfassen u.a. die Überdeckung des

gesamten 3D-Raums, höchste Sensitivität, die Streulichtanalyse an optischen Vielschichtsystemen, die Separation von Grenzflächen- und Volumenstreuung sowie die Rauheitsbestimmung an Oberflächen mit komplexer Geometrie. Jüngste Entwicklungen sind außerdem ein 3D-Table-Top-System zur winkelaufgelösten Streulichtmessung und ein streulichtbasierter, prozessintegrierbarer Rauheitssensor.

Die Rauheitscharakterisierung erfolgt konsequent durch die Kombination verschiedener Verfahren (z. B. Rasterkraftmikroskopie, Weißlichtinterferometrie und Streulichtmessung) sowie die Auswertung durch PSD-Funktionen (Power Spectral Density). Der Informationsgehalt von PSDs geht weit über den üblicher Rauheitsparameter ( $R_q$ ,  $R_a$  etc.) hinaus, wodurch sich völlig neue Möglichkeiten für eine funktionsorientierte Mikro- und Nanometrologie eröffnen.

Prominentes Beispiel dafür sind Design und Charakterisierung von Oberflächentopografien für steuerbare Benetzungseigenschaften optischer und technischer Oberflächen. Dazu wurden am Fraunhofer IOF flexible Mess- und Modellierungsverfahren entwickelt, die auf der Basis von PSDs die gezielte Vorgabe und Kontrolle von Rauheitsstrukturen für eine funktionsgerechte Benetzung bis hin zur effizienten Steuerung ganzer Prozessketten ermöglichen.

# OPTISCHE 3D-MESSTECHNIK FÜR INDUSTRIE UND MEDIZIN

- 1 Untersuchung der Zahnkonturen mit Hilfe eines 3D-Digitalisierers direkt im Mund.
- 2 Optisches Dreikoordinatenmesssystem ODKM 99.
- 3 »kolibri CORDLESS« – handgeführtes optisches 3D-Messsystem.



Die optische 3D-Messtechnik entwickelte sich in den letzten 20 Jahren von einem Exoten zu einem etablierten Messverfahren in diversen Industriezweigen. Das Fraunhofer IOF war seit seiner Gründung aktiv in diese Entwicklungen eingebunden. Den Ausgangspunkt bildeten Arbeiten an der FSU Jena in den Jahren 1988/89 und die Patentierung der Methode der einheitlichen Maßstabsverkörperung. Die an das Fraunhofer IOF gewechselten Mitarbeiter bauten hierauf auf und konnten bereits zum 1.1.1992 ein erstes Industrieprojekt einwerben. Im Rahmen von Förderprojekten wurden in den Jahren 1994 – 1997 die Grundlagen für die Methodik der selbstkalibrierenden 3D-Messung mit Streifenprojektion gelegt. In diesen Zeitraum fiel auch die erstmalige Nutzung von Mikrodisplays (DMD's) für die Streifengenerierung. LCOS- und OLED-Mikrodisplays eröffneten in den folgenden Jahren weitere systemtechnische Möglichkeiten.

Die entwickelten Methoden wurden patentrechtlich geschützt und bildeten die Grundlage für eine industrielle Vermarktung. Bis zum Jahr 2011 konnte ein Patentportfolio von 18 Patenten aufgebaut werden, welches von Lizenznehmern intensiv genutzt wird. Die Vermarktung begann 1995 mit der Entwicklung von Digitalisiersystemen für CAD/CAM in der Dentaltechnik. Bis zum heutigen Tag wurden drei Generationen von Tischdigitalisiersystemen sowie ein Intraoralscanner entwickelt.

Diese Arbeiten wurden mit dem Thüringer Forschungspreis 2002 ausgezeichnet.

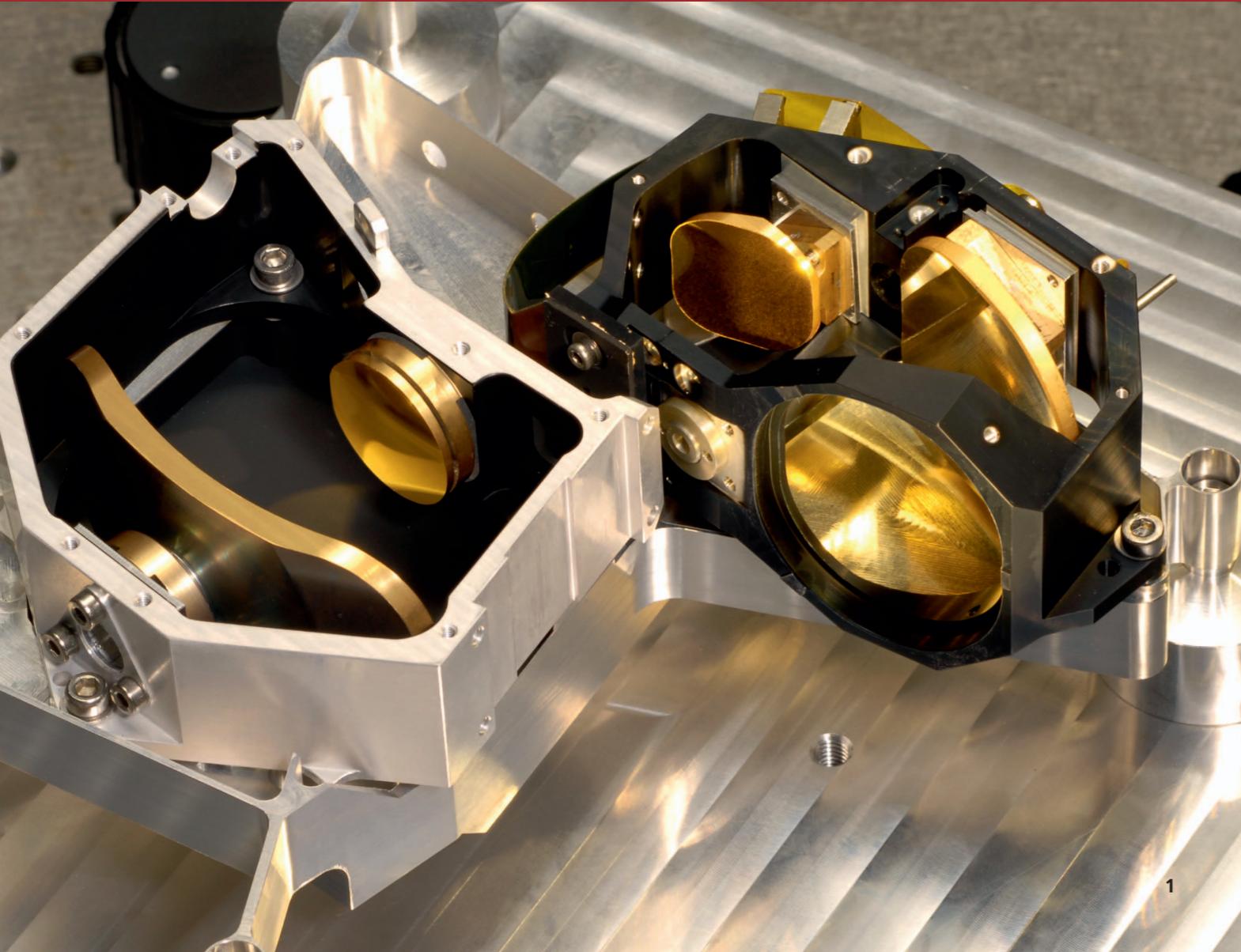
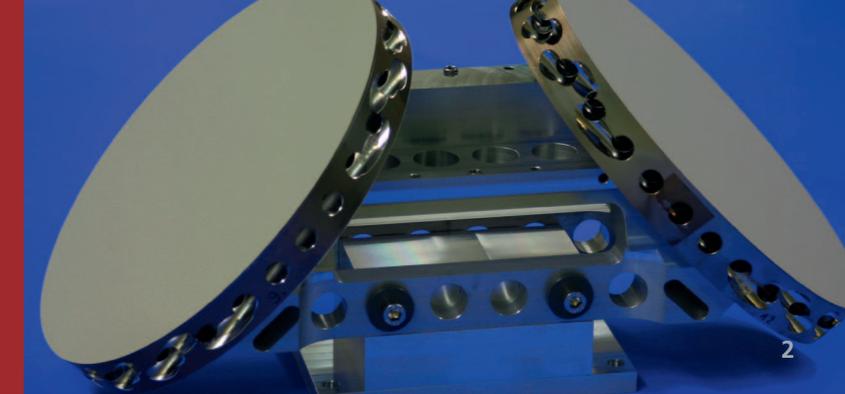
Parallel dazu wurde die Entwicklung von unterschiedlichen 3D-Digitalisiersystemen für Anwendungen in der Industrie und der Medizin durchgeführt. Unter dem Pseudonym »kolibri« (Koordinaten messen ohne zu kalibrieren) entstand eine ganze Gerätefamilie, basierend auf einer einheitlichen algorithmischen und softwaretechnischen Basis, die stetig weiterentwickelt wird. Die für Applikationen in Messfeldern von 1 mm<sup>2</sup> bis zu mehreren m<sup>2</sup> entwickelten Systeme ermöglichen eine automatisierte 3D-multi-view-Messung. Beispiele sind Digitalisiersysteme für den Motorenbau, die Formprüfung blankgepresster Optiken oder die 3D-Gesichtsvermessung für die plastische Chirurgie.

Heute ist die optische off-line 3D-Digitalisierertechnik in verschiedenen industriellen Prozessketten der Qualitätssicherung und des Rapid-Prototyping etabliert. Aktuelle Herausforderungen sind in-line Messtechniken sowie die Erfassung hochdynamischer 3D-Szenen. Diese erfordern die Entwicklung von neuartigen Methoden für robuste high-speed Messung und das Messen in Bewegung. Diesen Herausforderungen wird sich das Fraunhofer IOF mit seinen Partnern zukünftig stellen.

# ULTRAPRÄZISE OPTIKEN FÜR ASTRONOMIE UND WELTRAUM

1 *Optischer Aufbau des athermalen IR-Spektrometers MERTIS.*

2 *Piston Mirror für das Large Binocular Telescope in Arizona.*



Diamanten faszinieren die Menschen als Schmuck durch ihre einzigartige Brillanz sowie Farb- und Formenvielfalt. Am Fraunhofer IOF werden sie zur Herstellung von Metalloptiken eingesetzt. Dabei werden die mechanischen und thermischen Eigenschaften von Diamant für die Fertigung von Spiegeln und Abformwerkzeugen bewusst genutzt. Bereits mit dem ersten Bearbeitungsschnitt gelingt die Herstellung einer reflektierenden Optik. Komplexe Oberflächen wie Asphären und optische Freiformflächen können einfach und mit ultrapräziser Genauigkeit gefertigt werden. Hierzu werden hochgenaue CNC-Maschinen mit bis zu fünf Achsen eingesetzt. Das Jahr 2000 war der Startpunkt für den Aufbau dieser neuen Technologie mit dem strategischen Ziel - Entwicklung optischer Systeme für Luft- und Raumfahrtanwendungen, beispielsweise zur Erforschung von Planeten und fernen Galaxien. Im Jahr 2001 wurde die erste Diamantdrehmaschine in Betrieb genommen, und bald folgte das erste Projekt: Entwicklung und Bereitstellung der Piston-Spiegelbaugruppe für das Large Binocular Telescope (LBT) in Arizona. Die beiden planen Spiegel weisen eine ovale optische Fläche von 200 mm x 140 mm mit einer anspruchsvollen Formqualität von  $PV = 36 \text{ nm}$  und  $RMS = 3 \text{ nm}$  auf. Seit dem 29. August 2008 liefern fünf Erdbeobachtungssatelliten aus einer Höhe von ca. 630 km brillante Bilder von der Erde mit einer Auflösung von ca. 6,5 m. Herzstück der

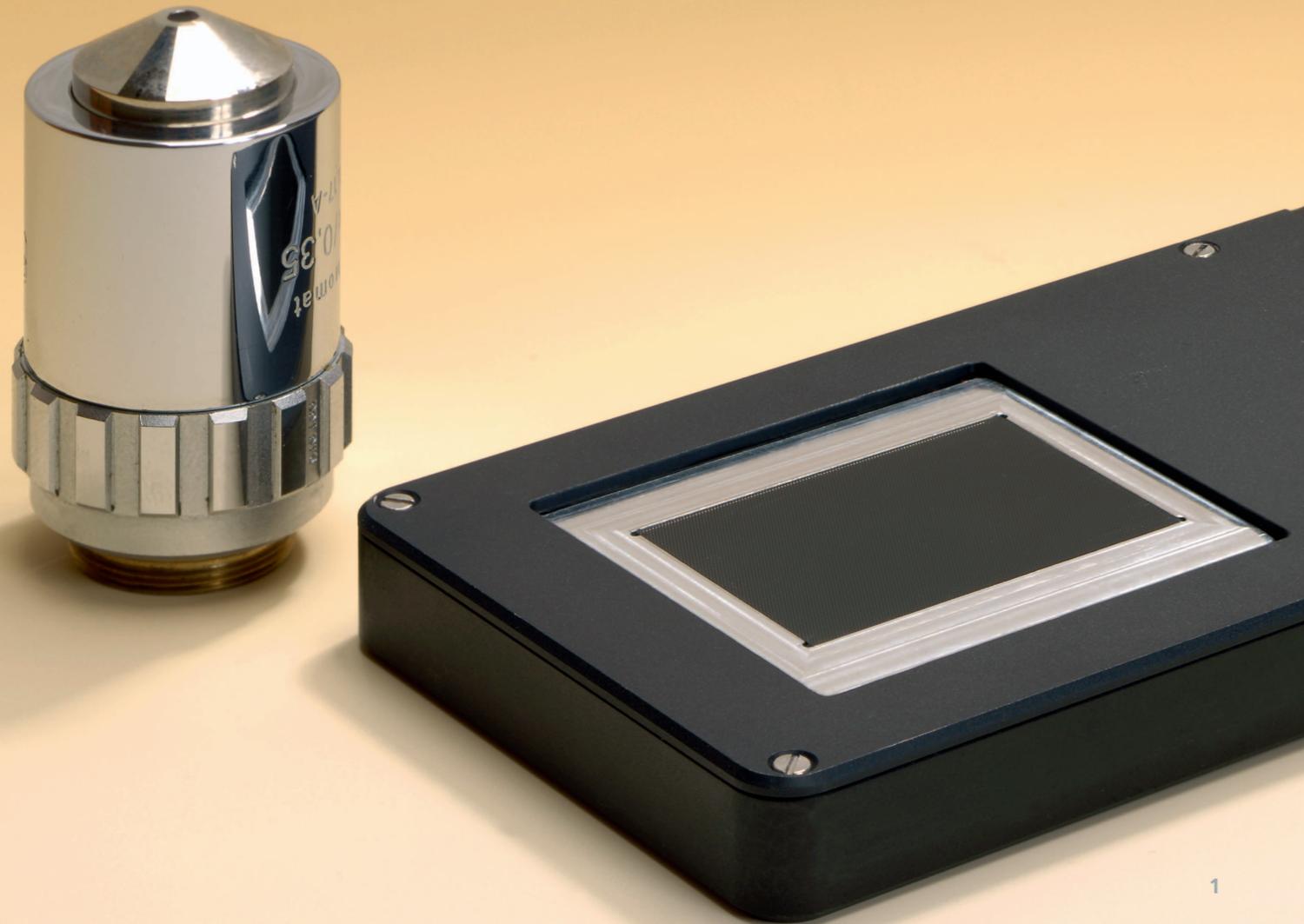
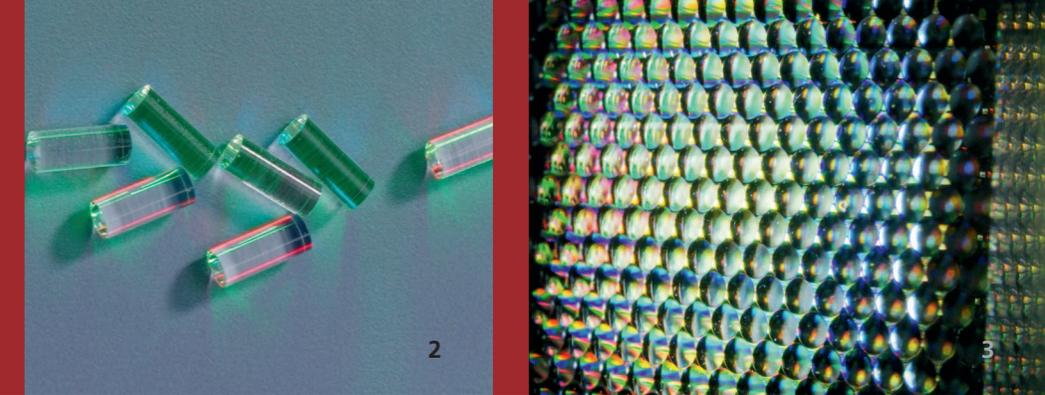
Satelliten sind fünf Kameras der Jena-Optronik GmbH mit Spiegelbaugruppen aus dem Fraunhofer IOF. Die Kamera-Optik basiert auf einem Three Mirror Anastigmat-Teleskop mit einem sphärischen und zwei asphärischen Spiegeln. Die ultrapräzisen Metallspiegel wurden diamantgedreht, poliert und abschließend mit einer am IOF entwickelten Beschichtung vergütet. Die Jenaer Kameras adressieren fünf Spektralbänder im Bereich von 440 nm bis 850 nm.

Zahlreiche Entwicklungen für Einzelspiegel und Spiegelsysteme für Teleskope und Spektrometer für den Einsatz im Weltraum, für terrestrische Anwendungen der Astronomie, für bildgebende Optiken in der Lasertechnik oder Spiegelsysteme für die Lithographie folgten bis heute. Aktuell werden die Grundlagen für die Einführung von Freiformoptiken – Oberflächen ohne Symmetriemerkmal – und eine effiziente Systemmontage am Fraunhofer IOF erforscht.

Gegenwärtig stehen fünf moderne Ultrapräzisionsmaschinen zum Drehen, Fräsen, Hobeln und Schleifen für die Herstellung von Präzisionsoptiken aus metallischen und polymeren Werkstoffen zur Verfügung. Diese technologische Basis und neueste wissenschaftliche Untersuchungen ermöglichen es, off-axis Asphären mit einer Größe von 450 mm x 300 mm und on-axis Spiegel bis zu 650 mm Durchmesser mit beugungsbegrenzter Qualität für Anwendungen im UV-, VIS- und NIR-Spektralbereich herzustellen.

# MIKROOPTIK FÜR PROJEKTOREN UND KAMERAS

- 1 *Ultradünnes Mikroskop mit einem Objektfeld von 36 x 24 mm<sup>2</sup> und 16 Megapixeln im Vergleich zu einem Mikroskopobjektiv.*
- 2 *GRIN-Linsen.*
- 3 *Ultra-dünne Array-Projektionsoptik.*



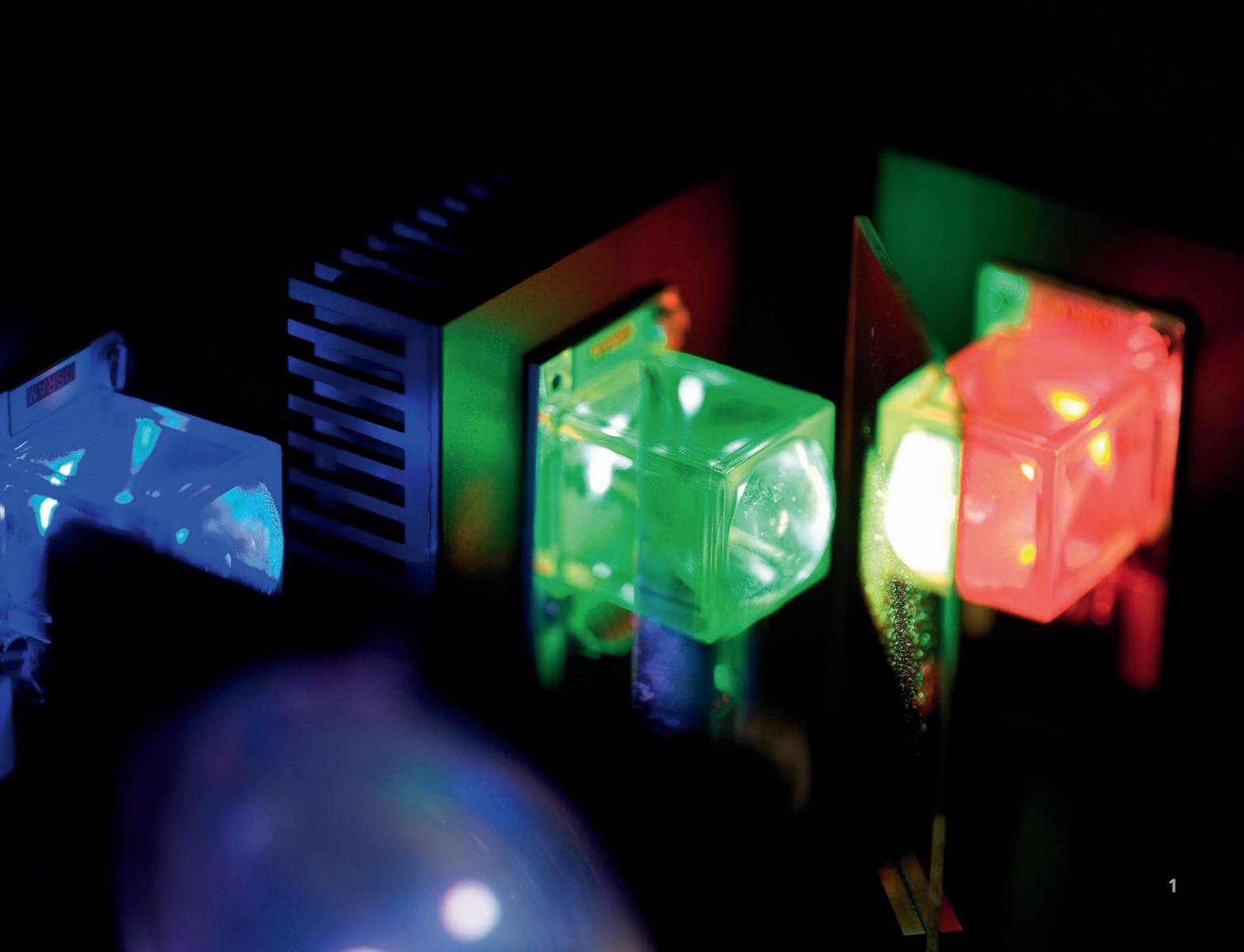
Die in den 90er Jahren im Fraunhofer IOF entwickelten Mikrolinsen basierten auf Ionenaustausch in Glas. Diese so genannten GRIN-Linsen dienen der Strahlformung in Sensorsystemen, beispielsweise zur Faserkopplung. Seit 1998 werden lithographische Methoden zur Generierung von Mikrolinsenarrays angewandt. In einer Dissertation wurde untersucht, wie aus fotolithographisch erzeugten binären Strukturen durch einen Schmelzprozess Mikrolinsenarrays höchster Präzision hergestellt werden können. Diese Schlüsseltechnologie ist bis heute die im IOF am häufigsten angewendete zur Erzeugung von Mikrolinsen-Originalen. Hinzu kamen die Laserlithographie und zuletzt die Ultrapräzisionsbearbeitung. Vervielfältigt werden die Originalstrukturen meist durch UV-gestützte Replikation im Mask-Aligner auf eine Seite oder auch, im Mikrometerbereich zueinander justiert, auf beide Seiten eines Substratwafers. Die Abweichungen in Form und Position betragen etwa 1 %. Ein weiterer im IOF beherrschter Prozess ist das RIE-Proportionalätzen in Glas, Quarz oder Silizium. Alle Mikrooptiken werden im Wafer-Maßstab gefertigt. Diese Mikrooptiken sind Schlüsselemente für die im IOF entwickelten mikrooptischen Systeme. So wurden Strahlkollimation und -homogenisierung für zahlreiche am IOF entwickelte LED-Projektionssysteme durch Mikrooptiken realisiert. Die erreichten Parameter (Homogenität, Effizienz) stellen international Spitzenwerte dar. Heute sind LED-Pikoprojektoren

auf dem Markt, in denen die im IOF entwickelten optischen Prinzipien Anwendung finden.

Seit zwei Jahren wird am IOF eine völlig neue Art der Projektion entwickelt, die so genannte Array-Projektion. Grundprinzip ist, dass mit Mikrooptik-Technologie mehrere Hundert Mikro-Projektoren als System erzeugt werden, das sich unter anderem durch eine hohe Lichttransmission auszeichnet. Die Beherrschung der Mikrooptik-Technologie ist auch Voraussetzung dafür, dass die zahlreichen Designideen für Mikrokameras erfolgreich in Prototypen umgesetzt werden können. Das begann 2004 mit einer der ersten Mehrlagen-Optiken für eine Handy-Kamera. Die Entwicklung der weltweit ersten technisch umsetzbaren multikanaligen Kamera nach dem Prinzip des Appositionsauges erfolgte 2005. Inzwischen wurden mehrere Prinzipien für multikanalige Abbildungssysteme entwickelt. Dazu waren immer neue Konfigurationen mikrooptischer Module nötig, die bis zu sechs Elemente enthalten, von denen ein Teil achromatisch ist. Jüngste Anwendungsbeispiele sind eine Kamera für Mobilanwendungen (»Elektronisches Clusterauge«), die etwa nur halb so dick ist wie eine kommerzielle einkanalige Mikrokamera gleicher Auflösung. Des Weiteren wurde weltweit erstmalig ein ultraflaches, transportables Mikroskop auf Basis eines multikanaligen Abbildungssystems entwickelt.

# LICHTQUELLEN MIT ZUKUNFT LED UND OLED

- 1 Effiziente Dünnschicht-LED-Module.
- 2 Deutscher Zukunftspreis 2007.
- 3 Diamant-gedrehte Prototypen von Konzentratoroptiken.



Nach den sehr erfolgreichen Arbeiten zu Grundlagen der LED-Strahlformung, für die das IOF gemeinsam mit OSRAM 2007 den Zukunftspreis des Bundespräsidenten erhielt, wurde ab 2008 begonnen, die gewonnenen Kenntnisse zur Entwicklung verschiedener LED-Lichtmodule anzuwenden. Dazu war es notwendig, die Kompetenzen auf dem Gebiet des optischen Designs zu erweitern. Für viele LED-Beleuchtungsaufgaben ist der Einsatz mikrooptischer Bauelemente sinnvoll und Entwicklungen auf diesem Gebiet wurden vom Fraunhofer IOF forciert. So konnte die Mehrlagen-Mikrooptik-Technologie für die neuen Anforderungen angepasst werden.

Es gelang, ein Netzwerk mit Spritzguss-Firmen, LED-Elektronik-Entwicklern und Leuchten-Herstellern zu knüpfen und im Ergebnis entstand eine Vielzahl originärer LED-Module und Leuchten. 2008 wurden die ersten, auf unseren Arbeiten beruhenden LED-Straßen-Leuchten in Jena installiert. Diese auf speziell ausgelegten Reflektoren beruhende Lösung fand auch in zahlreichen anderen Orten Deutschlands Anwendung. Vielfältig sind weitere Anwendungen wie LED-Leuchten für die Bahn, LED-Innenleuchten, hoch effiziente LED-Leuchten mit einstellbarer Lichtverteilung und Zahnarztleuchten, um nur einige Beispiele zu nennen. Alle diese Entwicklungen sind auf maximale Energieeffizienz, d. h. auf Minimierung der optischen Verluste ausgelegt. Gleichzeitig demonstrieren

sie die gegenüber allen anderen Leuchtquellen einzigartigen Möglichkeiten der LED, wie beispielsweise Farbsteuerbarkeit oder Steuerung der Lichtverteilung. Obwohl schon vielfältige technische LED-Beleuchtungen im Einsatz sind, besteht noch großer Entwicklungsbedarf, bis alle Vorteile dieser modernen Strahlungsquellen auch für die Allgemeinbeleuchtung zum Tragen kommen werden.

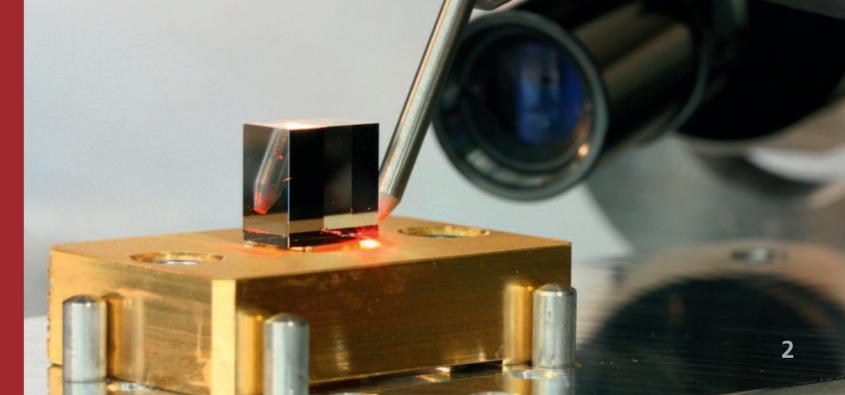
Organische LED (OLED) sind seit 2005 Forschungs- und Entwicklungsgegenstand am Fraunhofer IOF. Nach relativ kurzer Bearbeitungszeit konnten externe mikrooptische Strahlformungsoptiken demonstriert werden, die gewünschte Abstrahlwinkel oder auch bestimmte Fernfeldverteilungen einer OLED erzeugen. Demonstriert wurde dies am Beispiel einer Fahrzeugbegrenzungsleuchte.

Des Weiteren ist es gelungen, viele intrinsische Eigenschaften der OLED (Lage der Emissionszone, Orientierung der Dipol-emitter u.a.m.) zu erforschen. Dadurch konnte ein vollständiges quantitatives Verständnis der optischen Funktion der OLED erreicht werden, was die Grundlage für Arbeiten zur Erhöhung der Effizienz von OLED bildete. Dabei sind im Design erste Ergebnisse erzielt worden, die eine Erhöhung im oberen zweistelligen Prozentbereich versprechen. An der experimentellen Umsetzung wird gegenwärtig gearbeitet.

# VOM KLEBEN ZUM SOLDERJET-BUMPING

1 Montage eines miniaturisierten Lasers für die EXOMARS-Mission mittels Solderjet-Bumping.

2 Laserstrahlgelötete optische Baugruppe.



Technologien zum Aufbau optischer Systeme sind seit Gründung des Fraunhofer IOF ein Schwerpunkt der angewandten Forschung. Neben der Anwendung moderner Klebetechnologien erfolgte in der Forschung seit Ende der 90er Jahre eine zunehmende Fokussierung auf alternative Fügetechnologien, insbesondere um die neuen Anforderungen der Märkte für Hochleistungslasersysteme, optische Systeme für Luft- und Raumfahrt und für medizintechnische Applikationen zu erfüllen.

Eine der wichtigsten Forderungen der Industrie war die Entwicklung einer polymerfreien Fügetechnologie, da die Nachteile der klassischen Klebetechnologie wie Ausgasen und Degradation trotz zahlreicher Neuentwicklungen nicht die Spezifikationen moderner optischer Systeme erfüllen. Die Abteilungen Feinwerktechnik und Optische Schichten des IOF entschieden sich strategisch, die zukunftsweisende Technologie des Laserstrahlötens zu untersuchen. Mit der Expertise zur Herstellung haftfester metallischer Schichten auf Glas, Glaskeramiken und anderen Werkstoffen mittels PVD-Verfahren wie Sputtern und den Kenntnissen der Laseroptik wurde der Grundstein gelegt. Eine bahnbrechende Idee war, nicht nur die Metallisierung als Benetzungsschicht herzustellen, sondern auch das Lot im gleichen Prozessschritt zu applizieren. Es entstand die patentierte Lösung, ein

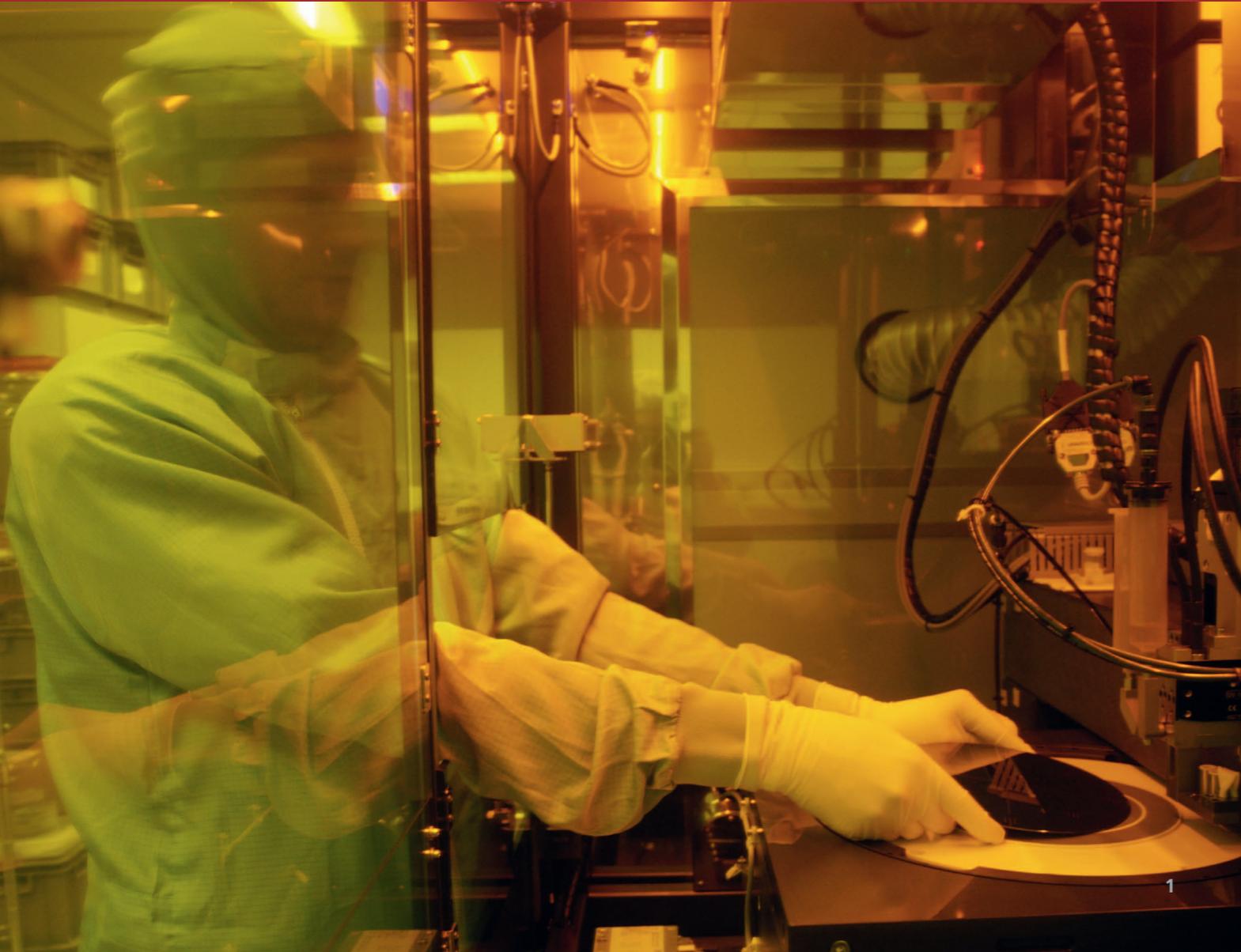
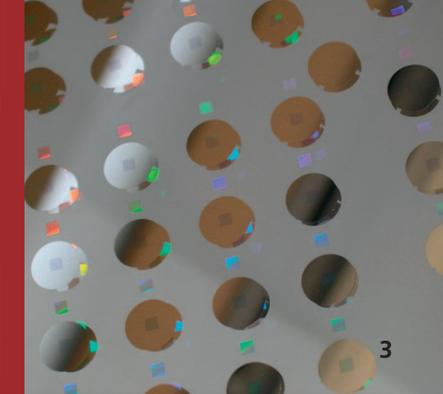
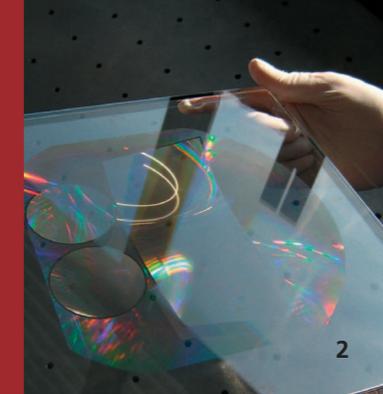
haftfestes lötfähiges Metallisierungssystem in Vakuumfolge mit dem eutektischen Gold-Zinn-Lot AuSn zu sputtern. Um optische Komponenten bei der Verbindungsbildung durch den notwendigen thermischen Reflowprozess nicht zu schädigen, sollte die Erwärmung räumlich und zeitlich begrenzt mit einem Laser realisiert werden, was erfolgreich im Rahmen einer Promotion nachgewiesen wurde.

Mit diesen technologischen Grundlagen war zunächst nur das Fügen planarer optischer Komponenten möglich. Die konsequente Weiterentwicklung des Laserlötprozesses führte zu Lösungen für rotationssymmetrische Bauelemente. Zum Einsatz kam ab 2005 das Verfahren des Solderjet-Bumping, ursprünglich entwickelt für die Elektronikfertigung. Mit diesem wurde es nun möglich, diskrete Lotvolumina - Bumps« - in nahezu beliebige dreidimensionale Geometrien zu applizieren. Strahlformungsoptiken für Halbleiterlaser, Fasern und Endkappen in Steckern und empfindliche Linsen in Fassungen sind nur einige Beispiele, die mit Hilfe dieser neuen Technologie stabil mit Genauigkeiten im Mikrometer- bzw. Sub-Mikrometerbereich fixiert werden.

Auch in Zukunft bleibt dieses Forschungsthema aktuell, wenn am Fraunhofer IOF gelötete optische Baugruppen an Missionen zum Mars beteiligt oder in hochautomatisierten Prozessen zur Objektivmontage eingesetzt werden.

# MIKRO- & NANOSTRUKTUR- TECHNIK FÜR DIE OPTIK

- 1 Arbeiten am Nanoimprint-Stepper zur Herstellung von Masterstrukturen für miniaturisierte Kameramodule.
- 2 Computergeneriertes Hologramm (CGH) zur Vermessung von asphärischen Spiegeln.
- 3 Nano-optisches Gitterinterferometer.



Bereits mit Gründung des Fraunhofer IOF war die Mikrostrukturtechnologie für optische Anwendungen ein Forschungsschwerpunkt. Da zu Beginn nur begrenzt technologische Ausrüstungen zur Verfügung standen, wurden viele Themen in Kooperation mit dem Institut für Angewandte Physik (IAP) der FSU Jena und dem IPHT Jena bearbeitet. Das Fraunhofer IOF beteiligte sich an Investitionen und hatte damit einen Zugang zu damals einzigartigen lithographischen Strukturierungstechnologien. Insbesondere die Elektronenstrahlschreiber ZBA 23H und Lion LV1 wurden für die Herstellung von diffraktiven und integrierten Optiken eingesetzt. Das Fraunhofer IOF profitierte dabei ganz wesentlich von der am IAP vorhandenen langjährigen Expertise auf diesen Gebieten.

1998 und 2003 wurden Laserlithographieanlagen angeschafft, mit denen es möglich war, kontinuierliche Oberflächenprofile herzustellen und Mikrooptiken auf gekrümmten Substraten zu realisieren. Wesentlich war auch die Entwicklung der Technologie für das proportionale Übertragen der Resiststrukturen in das Substrat mittels reaktiver Ionenätzprozesse.

Der Einsatz mikro- und nanostrukturierter Optiken in industrierelevanten Anwendungsfeldern wuchs immer stärker an, was eine Modernisierung des technologischen Umfeldes erforderte. Die dafür erforderlichen finanziellen Mittel in Höhe von ca. 15 Mio € wurden durch den Freistaat Thüringen und die Europäische Union bewilligt. So erfolgte 2005 die Gründung

des »Center for Advanced Micro- and Nano-Optics« (CMN-Optics) als Technologieplattform für die Weiterentwicklung der Nano-strukturierung am Fraunhofer IOF. Im Frühjahr 2006 wurde die Elektronenstrahlolithographie-Anlage Vistec SB350 OS in einem neuen Reinraum in Betrieb genommen.

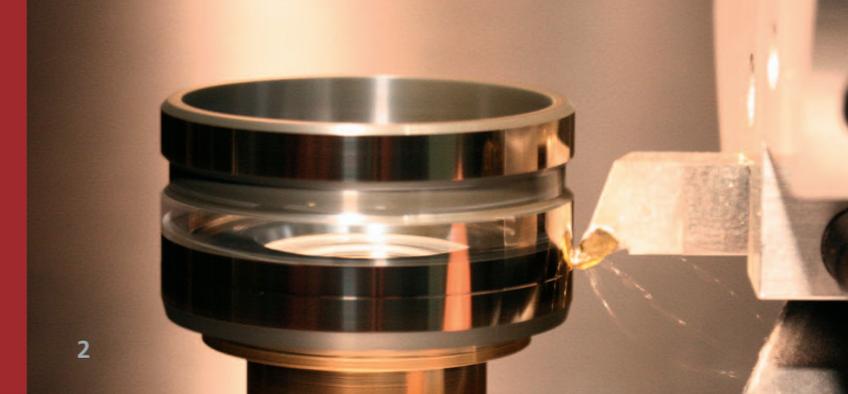
Das CMN-Optics ist auf die Bereitstellung von Dienstleistungen für industrielle Anwendungen ausgerichtet und wurde im November 2007 als erster Bereich des Fraunhofer IOF nach DIN EN ISO 9001:2000 zertifiziert. Heute werden mittels Elektronenstrahlolithographie optische Elemente für verschiedene High-End Anwendungen entwickelt. Dazu zählen dielektrische Gitter mit höchster Effizienz für die Spektroskopie und den Einsatz in Hochleistungslasern oder die Fertigung von hochpräzisen Null-CGHs für die Asphärenprüfung mit Wellenfrontgenauigkeiten im Bereich weniger Nanometer. Ein Highlight war die im April 2008 gestartete, überaus erfolgreiche Entwicklung des Spektrometergitters für den GAIA-Satelliten. Hierbei kam ein völlig neuartiges Gitterkonzept auf der Basis von Subwellenlängenstrukturen zum Einsatz, zu dem es für das Erreichen der erforderlichen Gitterspezifikationen keine Alternativtechnologie gibt. Die Flugmodelle für den Einsatz im Satelliten wurden im Juli 2010 ausgeliefert. In der Folge dieser Entwicklung erhielt das IOF weitere Aufträge zur Entwicklung von Gittern für Weltraumanwendungen.

# MONTAGETECHNOLOGIE FÜR HOCHLEISTUNGSOBJEKTIVE

1 Justierdrehmaschine mit Asphärenmesstechnik.

2 Justierdrehen einer gefassten Linse.

2



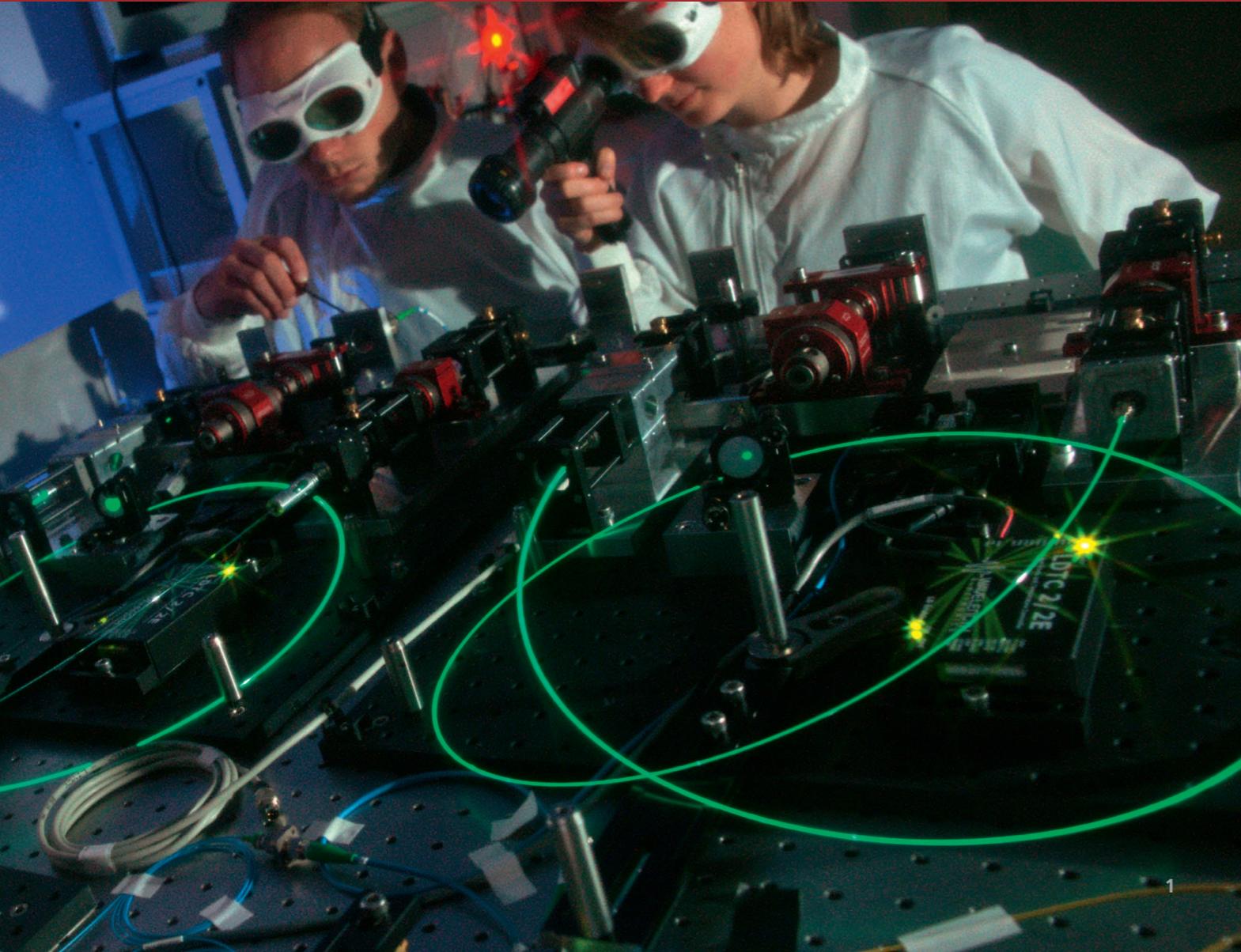
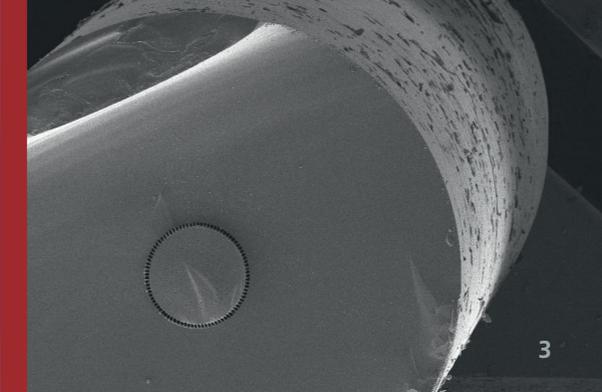
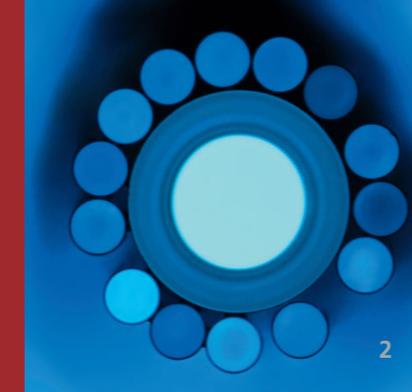
High-End Optiken wie Fotoobjektive, Mikroskope oder Inspektionsoptiken weltweit bekannter Markenhersteller sind ein Inbegriff für Spitzenprodukte »Made in Germany«. Hochleistungsoptiken sind nur durch eine präzise reproduzierbare Montagetechnik der gefassten Einzellinsen zum Objektiv international konkurrenzfähig. Die Qualität wird signifikant von der exakten Zentrierung und Positionierung der Objektivlinsen bestimmt. Ausgehend von dieser Erkenntnis wird am Fraunhofer IOF schon seit Mitte der 90er Jahre das Prinzip des Justierdrehens, d. h. die Präzisionsbearbeitung der Linsenfassungen in Bezug zur optischen Achse der Linse, wissenschaftlich untersucht und weiterentwickelt. Zunächst standen grundlegende Untersuchungen zur geregelten Schlagwerk-Justierung und zum Stick-Slip-Effekt im Mittelpunkt der Arbeiten. Theoretisch und experimentell wurde das Prinzip - durch die Einleitung mechanischer Impulse verspannte Justierelemente zu bewegen - untersucht und damit die Grundlage für eine submikrometergenaue Ausrichtung von gefassten Optiken erarbeitet. Gleichzeitig ist diese Art der Justierung gegen äußere Belastungen stabil und kann z. B. Bearbeitungskräften ohne Verlust der Justierposition widerstehen. Im Ergebnis wurde die Schlagwerkjustierung beim Aufbau eines komplexen Justierautomaten zur Montage von Faser-Modulen industrietauglich umgesetzt. Zeitgleich wurde das gewonnene Know-how bei der Modernisierung

einer Reihe von Justierdrehmaschinen in Optikunternehmen der Region Jena umgesetzt.

Anfang des 21. Jahrhunderts wurde ein neuer Trend für die Forscher am Fraunhofer IOF immer deutlicher: die gestiegenen Anforderungen der Hochleistungsoptik erfordern die Technologie des Justierdrehens für ein immer breiteres Produktspektrum. Ausgehend vom Markt entstand ein Bedarf an Justierdrehmaschinen, die eine hochgenaue und reproduzierbare Zentrierung sowie die Einstellung exakter Luftabstände im Optiksistem sichern. Zusammen mit führenden Unternehmen der Optikindustrie konnte im BMBF-Verbundprojekt »FERMI« eine höhere Präzision erreicht werden. Gleichzeitig wurden alle Komponenten des Justierautomaten auf ein neues technisches Niveau gehoben. Damit begann am Fraunhofer IOF die Entwicklung von kundenspezifischen Justierdrehmaschinen. Mit unterschiedlichem Automatisierungsgrad bilden diese Sondermaschinen nun die Voraussetzung zur Herstellung von Hochleistungsobjektiven namhafter deutscher Hersteller. Aktuelle Herausforderungen, wie der verstärkte Einsatz von Asphären und Freiformelementen in optischen Systemen, erfordern eine Weiterentwicklung der Justierdrehtechnologie. Daher erforscht das IOF derzeit im Rahmen des Innovationsclusters »Green Photonics« sowie unter dem Dach des F.O.M. neue Ansätze zum Justierdrehen und Justierfräsen.

# FASERLASER FÜR HÖCHSTE LASERLEISTUNGEN

- 1 Hochleistungsfaserlaser-Verstärkersysteme.
- 2 Präparierte Pumpfasern um eine photonische Laserfaser.
- 3 Mikroskopaufnahme einer Stabfaser.



Diodengepumpte Festkörperlaser lösen heute aufgrund ihres inhärent hohen Wirkungsgrades bei hoher optischer Leistung und gleichzeitig bester Strahlqualität konventionelle Lasersysteme in breiten Anwendungsfeldern in Wissenschaft und Wirtschaft ab. Ein prominentes Beispiel ist die Automobiltechnik, hier ist Leichtbau ohne den Einsatz des Lasers nicht denkbar. Das aus heutiger Sicht eleganteste Konzept diodengepumpter Festkörperlaser stellt der Faserlaser mit seiner Möglichkeit einer monolithisch integrierten Aufbautechnik dar.

Das Fraunhofer IOF stellt mit seinem Partnerinstitut, dem Institut für Angewandte Physik (IAP) der FSU Jena, eine der weltweit führenden Arbeitsgruppen auf dem Gebiet der Faserlaser. Forschungsinhalt ist die Realisierung von neuartigen Systemen höchster Leistung im kontinuierlichen und (ultra-) gepulsten Betrieb.

Beginnend im Jahr 1998 wurden am IAP die Kompetenzen, ausgehend vom Design der aktiven Wellenleiter bis hin zu deren Konfektionierung und Systemintegration, strategisch ausgebaut. 2004 starteten die Arbeiten zu Hochleistungsfaserlasern am IOF im Rahmen eines vom BMBF geförderten Verbundprojekts und 2006 wurde eine eigene Arbeitsgruppe gegründet. Auf der Grundlage von innovativen Laserdesigns wie z. B. mikrostrukturierten Großkernfasern gelang die

Realisierung der derzeit leistungsstärksten Ultrakurz-puls laser mit mittleren Ausgangsleistungen im kW-Bereich. Durch kohärente oder inkohärente Kombination der Strahlung mehrerer Einzellaser konnte die Ausgangsleistung weiter gesteigert werden, wodurch neue Anwendungen in den Zukunftsfeldern Energie, Mobilität und Sicherheit erschlossen wurden. Wichtige Kooperationspartner sind neben der FSU das Institut für Photonische Technologien (IPHT) und das Helmholtz-Institut in Jena sowie führende Unternehmen der Industrie.

2009 erfolgte die Ausgründung der Active Fiber Systems Jena GmbH auf der Basis der erfolgreichen Realisierung eines Ultrakurzpuls-Faserlasersystems.

Wie geht es weiter? Ein Forschungsgegenstand ist der solar-gepumpte Faserlaser – er zeigt den Weg zu einer »grünen« Laserquelle auf. Märkte für die neuartigen Lasersysteme liegen in den Zukunftsfeldern Energie und Umwelt.

Mit der 2011 gemeinsam mit dem IPHT gegründeten Faserfertigungstechnologiegruppe, die sich mit der Bereitstellung von reproduzierbaren, wohl definierten und charakterisierten Fasern beschäftigt, werden die Grundlagen für die nächste Generation von industrietauglichen Faserlasern geschaffen.

# FAKTEN AUS 20 JAHREN

## Budgetentwicklung

1992: 2,7 Mio €      1995: 4,5 Mio €      2011: 19,8 Mio €

## Wirtschaftsertrag

1992: 0,16 Mio € (6%)      1995: 1,2 Mio € (27%)      2011: 8,2 Mio € (42%)

## Personalentwicklung

1992: 60 Mitarbeiter      1995: 85 Mitarbeiter      2011: 184 Mitarbeiter

## Summe Investitionen (ohne Bau und Erstausrüstung)

40,3 Mio €

## Anzahl der vom Bund geförderten Projekte

126

## Anzahl der vom Land Thüringen geförderten Projekte

104

## Anzahl Erfindungsmeldungen

224

## Anzahl erteilte Patente

115

## Anzahl erteilte Patente Ausland

31

## Anzahl Ausgründungen

6

## Anzahl Dissertationen

67

## Anzahl Diplomarbeiten/Master/Bachelor

394

## Anzahl ausgebildeter Industriemechaniker

17

## Anzahl ausgebildeter Physiklaboranten

6

## Anzahl Publikationen in referierten Zeitschriften

706

# IMPRESSUM

## Herausgeber

Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik  
und Feinmechanik IOF  
Albert-Einstein-Str. 7  
07745 Jena  
Telefon +49 3641 807-0  
Fax +49 3641 807-600  
info@iof.fraunhofer.de  
www.iof.fraunhofer.de

## Institutsleitung

Prof. Dr. Andreas Tünnermann  
Telefon +49 3641 807-201  
andreas.tuennermann@iof.fraunhofer.de

## Redaktion/Gestaltung

Dr. Brigitte Weber  
Dipl.-Ing. Sylvia Bathke  
Walter Oppel

## Druck

Förster & Borries GmbH & Co. KG

## Bildnachweis

- Seite 55  
Erdbeobachtungssystem RapidEye, Bild: RapidEye AG
- Seite 60  
Thüringer Verdienstorden, Foto: Peter Michaelis, TLZ
- Seite 74  
Foto: Thomas Ernsting
- Seite 80|81  
Deutscher Zukunftspreis, Fotos: Ansgar Pudenz