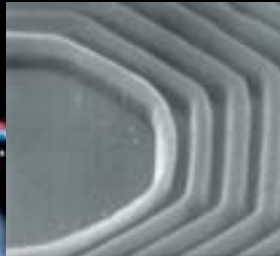


Optische Technologien

M a d e i n G e r m a n y

Z u k u n f t s t r e n d L i c h t



Gefördert vom

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



VDI-Technologiezentrum

Erläuterung zum Titelbild

Vorderseite:

Sichtbarer Ausschnitt des Pulsspektrums eines hochverstärkten Ti: Saphir-Femtosekundenlasers nach Selbstphasenmodulation an einem Wassertropfen und nachfolgender Winkeldispersion (Foto: Heybrock, Universität Bielefeld)

Weitere Fotos siehe Text.

Rückseite:

Die Deutsche Agenda **Optische Technologien für das 21. Jahrhundert**

- Mitwirkende -

Impressum

Herausgeber und verantwortlich für den Inhalt:

VDI-Technologiezentrum, Düsseldorf

Oktober 2000

2. Auflage Februar 2002

Druck: WAZ-Druck, Duisburg

Gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Zukunftstrend Licht

Optische Technologien Made in Germany

Eine Jahrhundert-Technologie sucht den Dialog zwischen Wirtschaft und Wissenschaft, braucht eine intensivierete Forschung und leidet unter dem Nachwuchsmangel an Ingenieuren und Physikern

Eckhard Heybrock¹ und Uwe Brinkmann^{2 3}

Optische Technologien erobern die Welt. Glasfasernetze umspinnen den Globus, verbinden Menschen und transportieren Wissen. Optische Datenspeicher stellen Bibliotheken von Information zur Verfügung und erlauben den schnellen Zugriff. Mikroelektronische Schaltkreise – mit fotografischen Methoden erzeugt – ermöglichen die immer schnelleren Taktzeiten und Kapazitäten der Mikroprozessoren. Texte und Bilder auf Displays von Armbanduhr bis Hauswandgröße stürmen auf uns ein.

Die Beispiele lassen sich beliebig fortsetzen: Digitalphotografie, Scanner an der Ladenkasse, Musik von der CD, optische Biochip-Lesegeräte, berührungslose Messtechnik in der Produktion, Laser für Materialbearbeitung und Mikrostrukturierung, in der Grafik- und Druckindustrie etc. – Photonen sind überall im Spiel, meistens in Verbindung mit Elektronik. Das "21. Jahrhundert als dasjenige des Photons" ist eine hübsche Übertreibung, die aber klarmacht, worum es geht: die *Optischen Technologien* sind *allumfassende und für die Industriegesellschaft notwendige Schrittmachertechnologien*. Sie haben ein enormes Wettbewerbspotenzial, sind branchenübergreifend mit einem hohen Diversifikationsgrad und weisen eine hohe Wertschöpfung auf. Im englischen Sprachraum spricht man von einer "Enabling Technology", um deutlich zu machen, dass diese Technologie als Querschnitts- und Schlüsseltechnologie die Grundlage und Voraussetzung für weitere technologische Entwicklungen und Anwendungen in der Zukunft sind. Sie sind als Hochtechnologie nicht nur Innovationstreiber für die Märkte der Zukunft, sondern heute schon *Garanten für viele Arbeitsplätze*.

In einem Land mit den Traditionsnamen und Firmennamen wie Fraunhofer, Abbe, Zeiss, Schott, Leitz, Voigtländer, Rolleï, Rodenstock, Minox, Arnold & Richter ("Arri") etc. ist dies im Prinzip eine "Binsenweisheit". Doch große Entwicklungen in der Optik gibt es auch in den USA, und in Fernost lernte man nicht nur rasch, sondern überraschte den Weltmarkt mit kreativen Neuerungen, so dass die deutsche optische Industrie in den 60ziger Jahren ihre

¹ Dr. Eckhard Heybrock, VDI-Technologiezentrum Düsseldorf, Koordinator der Deutschen Agenda.

² Dr. Uwe Brinkmann, Chefredakteur der Zeitschrift LaserOpto, Redaktion der Deutschen Agenda.

³ Mit Unterstützung des Lenkungskreises "Optische Technologien für das 21. Jahrhundert" und Prof. Dr. G. Herziger, Vorsitzender des Beirats des VDI-Kompetenzfeldes Optische Technologien.

Vormachtstellung einbüßte. Und auch die Forschung steht vor einem Paradigmenwechsel: In einer immer mehr vernetzten Welt lassen sich komplexe Ziele nur noch durch Systemansätze lösen.

Jetzt jedoch hat Deutschland nach einem einmaligen Strategieprozess, der zur *Deutschen Agenda "Optische Technologien für das 21. Jahrhundert"* führte, die Chance - auch vor dem Hintergrund verstärkter Anstrengungen in den USA und Fernost - auf dem Gebiet der Optischen Technologien verlorenen Boden wiedergutzumachen und ganz vorne in der ersten Liga mitzuspielen. Voraussetzung hierzu ist, dass es gelingt, eine neue Exzellenz der Forschung und eine neue Effizienz der Umsetzung aufzubauen und ausreichend gut ausgebildete OT-Spezialisten auf allen Bildungsebenen vorzuhalten. Der derzeitige *Mangel an Fachkräften* könnte jedoch den Aufbruch nachhaltig hemmen.

In einem modernen Staat wie der Bundesrepublik Deutschland lassen sich - nahezu unstrittig - folgende Aufgaben und Tätigkeitsfelder in Wissenschaft und Technologie für die weitere Entwicklung unserer gesamten Gesellschaft benennen:

- Bildung, Ausbildung, lebenslanges Lernen der Bevölkerung,
- *Nachhaltiges* Wachstum der Wirtschaft,
- Förderung der Gesundheit durch Medizin und Biowissenschaften,
- Information und Kommunikation sowie
- Verkehr und Mobilität für jedermann.

Kein Zweifel, dass zur Lösung solcher Aufgaben das Beherrschen von Schlüsseltechnologien notwendig ist. Hierzu gehören Optische Technologien an vorderster Front.

Informations- und Kommunikationstechnik

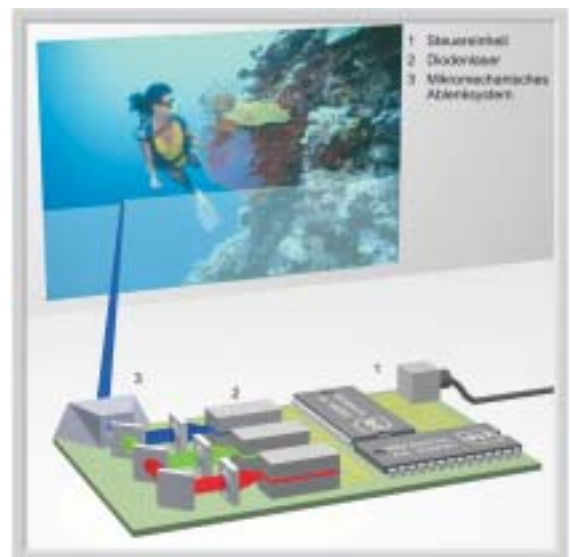
Nicht nur werden faseroptische Netze weltumspannend und immer dichter verlegt, sondern sie werden auch auf immer mehr optischen Kanälen parallel genutzt: WDM (wavelength division multiplexing) und D-WDM (dichtes WDM) machen dies möglich. Die Nachfrage gilt derzeit als unstillbar, nicht zuletzt beflügelt durch Deregulierung der Telekommunikationsdienste in vielen Ländern. Zunächst auf den Weitrecken verlegt mit Übergängen ins Kupferkabelnetz, machten sich die Glasfasern bald auf bis zu den örtlichen Knotenpunkten. Der letzte Schritt der *optischen Breitbandfaserverbindung bis zum Endnutzer* wird nicht mehr lange auf sich warten lassen, möglicherweise im Wettrennen mit der kabellosen UMTS (universal mobile telecommunication system)-Technik. Allein für Nordamerika wird der Markt für 2004 auf 7 Mrd. USD geschätzt. Die Glasfasertechnik umgreift neben den Kabeln die Laserquellen, optischen Verstärker, frequenzselektiven Empfänger, Weichen und Knoten etc., d.h. stellt sich als ein breites Feld optischer Komponenten dar mit enger Verbindung zur Mikrotechnik, für den Physiker ein äußerst reizvolles Betätigungsfeld.

Licht transportiert schon heute mehr als 90% der Datenmengen über das Glasfasernetz der Bundesrepublik. Diese Datenmengen werden in den nächsten Jahren allein durch den Internetdatenverkehr exponentiell ansteigen. Der Telefonverkehr wird in 10 Jahren nur noch 5% des gesamten Datenverkehrs ausmachen. Durch Nutzung der WDM-Technik können künftig über eine einzige Faser einige Terabit/sec übertragen werden. Versuchsstrecken mit Übertragungskapazitäten von 3.2 Terabit/sec werden derzeit realisiert, das entspricht etwa 40 Millionen Telefonkanälen.



Die optische Informationsspeicherung ist jedermann von der CD vertraut. DVD (digital versatile disk) mit mehrfachem Speichervolumen sind schon auf dem Markt und werden mit wachsender Speicherdichte und erneut erhöhtem Volumen erscheinen sowie preiswerte Schreib- und Leselaser im Blauen und nahen UV zur Verfügung stehen. *DVD mit hoher Bildqualität* werden die Magnetband-Rekorder für das Heimkino ersetzen. Diese Entwicklungslinie wird wohl erst durch holografische Speicher abgelöst werden.

Die Schnittstelle zum Nutzer, dem Menschen, ist schließlich der Bildschirm, das Display, die Anzeige. Hier läuft die Entwicklung zum Flachbildschirm, realisierbar mit verschiedenen Techniken. Der Markt ist fast vollständig in der Hand asiatischer Firmen mit LCD-Displays (liquid crystal display). Deutsche Firmen rechnen sich Chancen aus mit Kleinbildschirmen, wie sie beispielsweise in Autos gebraucht werden, auf der Basis *selbstleuchtender organischer LED*, aber auch mit *brillanter Laserprojektion* bis zum Heimgebrauch. Das Rennen um die Displays der UMTS-Geräte wurde gerade durch die Lizenzvergaben eröffnet.



Laser-Display-Technologie der Zukunft: Bilderzeugung durch RGB-Lasereinheit.
(Foto: Universität Kaiserslautern)

Gesundheitswesen und Biowissenschaften

Optische Technologien in der Medizin haben lange Tradition. Namen wie Pasteur und Koch erinnern an die Entdeckung der Welt der Mikroben mit Hilfe der Mikroskopie. Die optische Mikroskopie ist nach wie vor ein Eckpfeiler der Medizin, heute verstärkt durch die Anwendung mikroskopischer Techniken in Zusammenhang mit der Endoskopie. Moderne *gering-invasive Operationsmethoden* bedienen sich endoskopischer Verfahren, "Schlüssellochchirurgie" umschreibt, was nur mit ausgefeilten optischen und mikromechanischen Methoden möglich ist. Sogenannte *navigierte Operationen* zu kritischen Zielpunkten stellen ultimative Anforderungen an optische und mechanische Präzision der Instrumente sowie an die Erfassung der Operationstopografie.

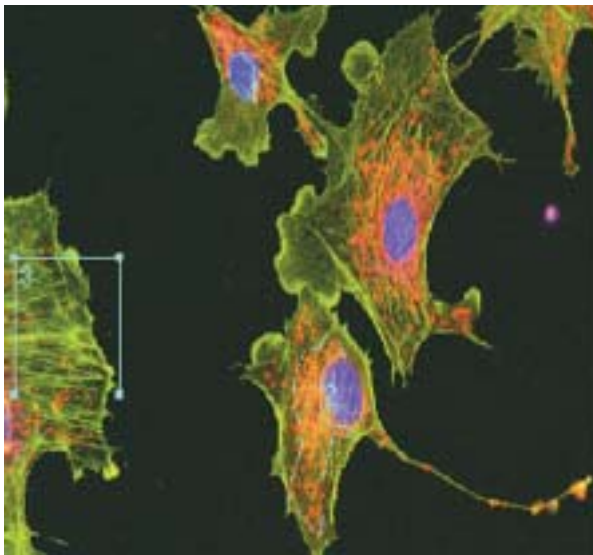


*Licht heilt. Endoskopie mit modernen Metallhalogenid-Hochdrucklampen und Lichtleitersystem.
(Foto: Osram)*

Licht zum Heilen setzten schon die Ärzte im Altertum ein. Der Durchbruch freilich kam erst mit dem Erscheinen des Lasers. Laserstrahlung kann durch Lichtwellenleiter geleitet, lokal präzise appliziert, genau dosiert und durch Wahl der Wellenlängen in unterschiedlichen Wirkungsweisen eingesetzt werden. Anwendungen in der Augenheilkunde ("Lasern" der Netzhaut u.a.) sind die häufigsten, gefolgt von dermatologischen und chirurgischen Anwendungen. Immer neue Verfahren – deren Entwicklung in der Medizin oft über Jahrzehnte verläuft – werden entwickelt. Anwendungen in der Zahnheilkunde stehen noch am Anfang, werden vermutlich nicht auf schmerzloses Bohren beschränkt bleiben.



*Kariesdetektion über
Fluoreszenzanregung.
(Foto: ILM Ulm)*



*Zellverband unter
dem Mikroskop
(Foto: Carl Zeiss)*

Die sog. Photodynamische Therapie weckte lange Zeit große Hoffnungen für die Krebstherapie, die sie teilweise auch erfüllte; neuerdings wird sie zur Methode der Wahl bei bestimmten (Nicht-Krebs-) Augenerkrankungen, der feuchten Makuladegeneration, eine die älter werdende Bevölkerung zunehmend heimsuchende Erkrankung, die zur Erblindung führt.

Grundlegend ist der Nutzen *Optischer Technologien für die Pharmaforschung*, um beim sog. Screening Wirkungsmechanismen zu finden. Man schätzt, dass in etwa 5000 bis 10000 Genen und deren Proteinen die Ursachen für die 100 häufigsten Erkrankungen stecken. Solche Proteine werden, aufgebracht auf sog. Biochips, auf ihre Wechselwirkung mit potenziellen Wirksubstanzen untersucht, wobei laseroptische Fluoreszenzverfahren den notwendigen hohen Durchsatz ermöglichen. Dank solcher Verfahren könnten Pharmafirmen besser auf bisherige Geißeln wie Aids, Krebs oder Alzheimer als auch schnell auf neuartige Krankheitsbilder reagieren.

Beleuchtung und Umwelt, Technologien im neuen Licht

Weltweit hat Licht dieselbe Bedeutung für die Menschen. Es bestimmt unser tägliches Leben als Tageslicht wie auch als künstliches Licht, im privaten Lebensbereich, am Arbeitsplatz und im Verkehr. Natürliches Licht ermöglichte in Urzeiten das Leben, doch erst künstliches Licht ermöglichte unsere moderne arbeitsteilige Industriegesellschaft. Mit der preiswerten Verfügbarkeit künstlichen Lichtes explodierten geradezu die gesellschaftlichen und freizeitorientierten Aktivitäten des Menschen in den Abend- und Nachtstunden, aber auch das Arbeits- und Geschäftsleben "rund um die Uhr". Beobachter aus dem Weltraum sehen heute die Nachtseite der Erde als Landkarte funkelnder Ballungszentren und Verkehrswege.



*Licht in unserer Umwelt: Ballungszentren funkeln bis in den Weltraum.
(Foto: Osram)*

Allein in Deutschland werden durch Lampen pro Jahr mehr als 40 Mrd. kWh elektrische Energie verbraucht, das entspricht etwa 8% der gesamten elektrischen Energieproduktion (daraus resultierendes Treibhausgas Kohlendioxid: 26 Mrd. kg /Jahr). In der Vision eines adaptiven Beleuchtungssystems am Arbeitsplatz werden effiziente Lichtquellen in die Gebäudearchitektur integriert, durch eine intelligente und einfache Lichtsteue-



*Licht schafft Sicherheit,
Beispiel Flugfeldbeleuchtung
(Foto: Osram)*

zung das Tageslicht einbezogen und damit eine neue Lebensqualität des entspannten Sehens ermöglicht.

Die Realisierung dieser Vision erfordert die Verbesserung der Technologie der Lichtquellen und Leuchten, Dimmbarkeit und Anpassung der spektralen Zusammensetzung an die individuellen Bedürfnisse. Man spricht von einer 'Architektur des Lichtes' im Gebäude. Dazu gehören alternative Stromgewinnungstechniken wie Photovoltaik, Wind etc. und neue umweltfreundliche Materialien für die eingesetzten Komponenten, vor allem der Ersatz von Quecksilber in Entladungslampen.

Die technische Weiterentwicklungen und Forschung zur Steigerung des Beleuchtungs-Wirkungsgrades und die beschriebene Systemintegration können erheblich zur Entlastung der Umwelt beitragen: Das Einsparpotenzial kann man bei einem mittleren Energiepreis von 0,10 DM/kWh mit etwa 25 Mrd. DM/Jahr abschätzen.

Licht schafft Sicherheit: Bessere Scheinwerfer am Kraftfahrzeug mit sensorgesteuerter Lichtverteilung auf der Fahrbahn, aktive optische Warnsysteme sowie ein höheres Beleuchtungsniveau auf Straßen und Plätzen erhöhen die Sicherheit erheblich. Hier liegen auch die ersten Einsatzgebiete für die "kalten" Lichtquellen LED (lichtemittierende Dioden) und OLED (organische LED, d.h. LED aus organischen Verbindungen).

Licht wirkt darüber hinaus in vielen Produktionsprozessen und Verfahrensschritten in Technik, Biologie und Medizin. In der Verflechtung von Lampen- und Prozesstechnologie entstehen umweltfreundliche Verfahren mit verringertem Wasserverbrauch unter Verzicht auf organische Lösungsmittel. So gibt es in der industriellen Oberflächentechnologie ein weites



*Neue Informationssysteme
im Auto: Beleuchtung mit
LED. (Foto: Osram)*

Einsatzgebiet für unterschiedlichste UV- und IR-Lampen zur Trocknung, Härtung von Lacken und Klebern, Formgebung von Kunststoffen und Reinigung sowie Aktivierung von Werkstückoberflächen.

Optische Technologien in der industriellen Fertigung

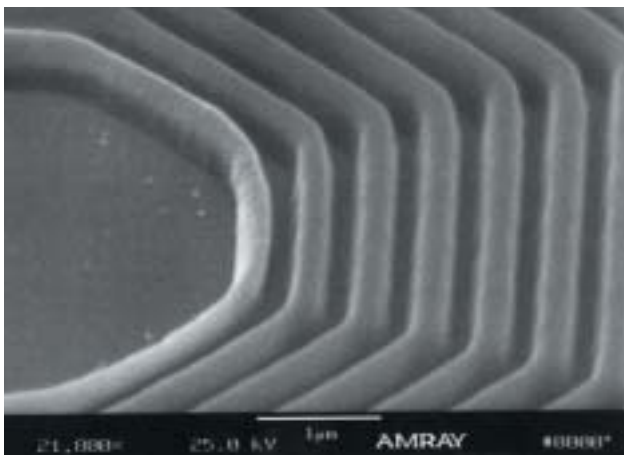
„Produktion und Management sind Schlüsselfaktoren für unsere Zukunft, denn der Produktivitätswettbewerb macht keine Pause und läßt keine Zeit zum Verschnaufen. Die permanenten Veränderungen industrieller Strukturen erfordern von den Unternehmen im Interesse der Haltung und Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit die schnelle Umsetzung und Markteinführung neuer Produkte und Technologien“ (BDI, „Innovationspolitik für Deutschland“, September 1999). In seinem Innovationspapier hat der BDI bereits frühzeitig die hohe Bedeutung photonengestützter Fertigungsverfahren erkannt und entsprechende Maßnahmen empfohlen.

Dem faszinierenden *Werkzeug Licht* wird, da sind sich die Fertigungsexperten einig, in künftigen modernen Fertigungs- und Produktionsprozessen eine Schlüsselrolle zukommen. Licht ist flexibel für die Anwendung, da gut dosierbar, es wirkt auf Distanz, da gut fokussierbar, es nutzt sich nicht ab, es verfügt dank seines großen Wellenlängenbereiches über sehr unterschiedliche physikalische und chemische Wirkungen. Dieses Werkzeug eröffnet Möglichkeiten in der industriellen Fertigung, die mit anderen Mitteln nicht erreichbar sind.

Schon jetzt spielen bei den klassischen Produktionstechniken Schweißen, Schneiden und Oberflächenbehandlung photonenbasierte Verfahren eine bedeutende Rolle. Mit Anwendung dieser Verfahren erzielt man nicht nur qualitativ hochwertige und sicherheitstechnisch ver-

bessere Produkte, sondern man wird in Zukunft durch sparsamen Rohstoffverbrauch, durch hohe Prozessgeschwindigkeit und Verfahrenskombination größere Wirtschaftlichkeit gewinnen sowohl in Kleinserien als auch in der Massenfertigung. Von diesen Vorteilen können sehr viele Branchen – bis hin zum Handwerk – profitieren, wenn die Handhabung vereinfacht, neue Prozesse entwickelt und die Strahlquellen modifiziert werden. Miniaturisierung kennzeichnet viele Entwicklungen. Immer kleinere und kompaktere Produkte – wie beispielsweise Mobiltelefone – erfordern neue Fertigungstechnologien. Dieser produktionstechnische Trend ist gekennzeichnet von einem Übergang von der klassischen

*Makro- und Mikro-Fertigung mit Licht
Robotergeführtes Schneiden eines 3D-
Werkstückes mit einem Nd:YAG-Laser.
(Foto: Rofin-Sinar)*



*Licht macht Chips.
Rasterelektronenmikroskop-Aufnahme
der Gates eines Polysilizium-
Transistors, hergestellt mit der 193nm-
Lithographie-Technologie. Weitere
Miniaturisierung der Strukturen
erfordert neue Photonenquellen mit
kürzeren Wellenlängen, d.h. der
Fortschritt der Mikroelektronik basiert
wesentlich auf dem Fortschritt in der
Lasertechnik.
(Foto: Lambda Physik)*

mechanisch und elektronisch orientierten Fertigung hin zu optisch gestützten Fertigungstechniken. So werden heute z. B. optisch basierte bzw. unterstützte Fertigungswerkzeuge in der Halbleiterindustrie zur Erzeugung von hochintegrierten Schaltungen, in der Herstellung von elektrischen Feinstleiterstrukturen auf flexiblen Schaltungsträgern, von optoelektronischen Komponenten oder zum Rapid Prototyping (Modellbau) eingesetzt. Die Miniaturisierung erfordert neue Photonenquellen mit kürzeren Wellenlängen (UV/EUV). Deren Entwicklung muss begleitet werden durch Entwicklung angepasster optischer Komponenten, Beschichtungen sowie einer schnellen und hochauflösenden optischen Messtechnik.

Optische Fertigungsverfahren sind der Schlüssel für eine moderne, flexible und leistungsfähige Produktion von morgen. Die Entwicklung bzw. Weiterentwicklung flexibler und prozessangepasster Photonenquellen ist die Voraussetzung zur Schaffung der nächsten Generation optischer Fertigungsverfahren.

Optische Sensorik in Industrie, Gesellschaft und Umwelt

Optische Sensorik ist eine Schlüsseltechnologie für die wichtigsten der unser heutiges Leben bestimmenden Technologien. So wäre z.B. der Fortschritt in der Miniaturisierung der Strukturen auf Halbleiterchips und Datenträgern, der das Tempo des Wandels zur Informationsgesellschaft bestimmt, ohne die jeweils vorausgehende Entwicklung hinreichend hochauflösender optischer Messverfahren gar nicht möglich.

Aber auch banalere Dinge, die uns einfach nur das Leben angenehmer machen, beruhen auf optischer Sensorik. So entlastet den Autofahrer optische Sensorik immer weiter bis hin zum Auto-Automobil, das sich autonom ohne Fahrerunterstützung seinen Weg durch den

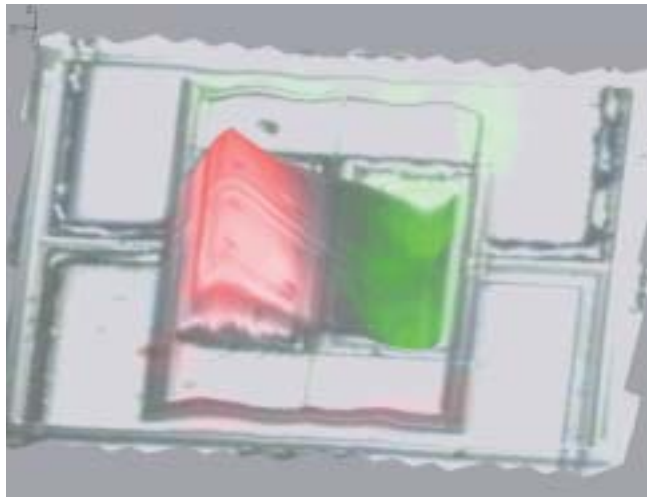
*Das Auto lernt sehen, wo der Fahrer passen muss: Sichtverbesserung mit IR-Kamera, evtl. IR-Zusatzbeleuchtung und Darstellung auf Head-up-Display.
(Foto: Temic)*



Dschungel von Ampeln, Verkehrszeichen und anderen Verkehrsteilnehmern sucht. Ein großes Anwendungsfeld für optische Sensoren tut sich auf im persönlichen Umfeld zur Überwachung und Steuerung von Hausgeräten und Sicherheitseinrichtungen.

Medizinische Vorsorge wird durch optische Sensorik revolutioniert werden: Gesundheitsparameter werden zuhause gemessen, die Daten an die vernetzte Arztpraxis übermittelt; optische Analyse auf Bio-chip-Arrays wird prompt und objektiv die individuellen Gesundheitszustandsdaten erfassen und eine auf den Patienten individuell zugeschnittene und optimierte Therapie ermöglichen. Schon jetzt führen in Deutschland 5 Millionen Diabetiker routinemäßig Blutzuckertests durch. Ein "unblutiges" preiswertes Testverfahren hätte Vorteile für den Patienten und könnte den Krankenkassen und damit den Versicherten erhebliche Summen einsparen.

Die Überwachung von Luft-, Wasser-, Boden- und Lebensmittelqualität und die Schadstoffreduzierung sind dringliche Aufgaben, um unsere Umwelt für uns und die künftigen Generationen lebenswert zu erhalten. Hierzu liefert optische Messtechnik und Fernmesstechnik



*Optische Vermessung mikrooptischer Systeme, hier Untersuchungen von MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems) mit Laser-Dopplervibrometrie.
(Foto: Polytec)*

schon jetzt einen ganz wesentlichen Beitrag. Preiswertere und einfacher zu handhabende Geräte werden diesen Anwendungen einen Schub verleihen, für ständig steigende Nachfrage sorgt die wachsende Bevölkerung mit ihrem ungehemmten Anspruch auf Konsum. Optische Technologien zur Überwachung, Analyse und Steuerung kommen hier gerade rechtzeitig.

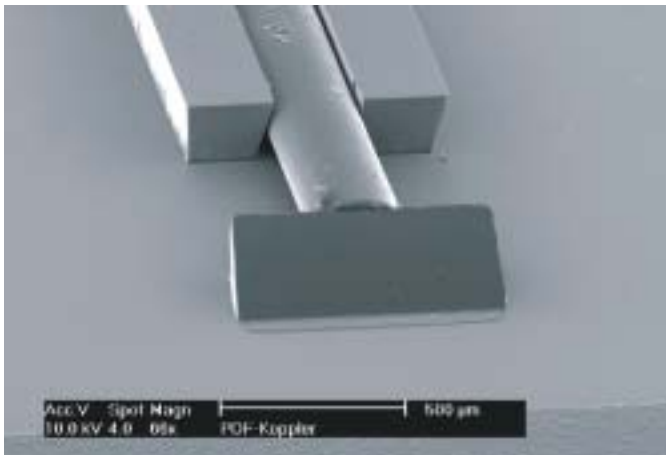
Fertigung von optischen Komponenten und Systemen

Optische Geräte und Komponenten in hinreichender Qualität preisgünstig zu fertigen ist die Herausforderung an die deutsche optische Industrie, um den Optischen Technologien in Deutschland wieder eine bedeutende volkswirtschaftliche Relevanz zu erringen. Technologische Spitzenpositionen halten deutsche Firmen noch bei Spezialprodukten, beispielsweise in der Optik für die Lithografie, in der Mikroskopie und bei hochwertigen Linsensystemen, doch innovative Firmen aus Niedriglohnländern machen den deutschen Firmen auch hier mehr und mehr Anteile streitig. Das bedeutet, man muss jetzt auch die hochwertigen Produkte preiswerter fertigen lernen. Einmal gelernt, können dann auch Produkte mit größeren Stückzahlen hergestellt werden und eventuell gar die Konkurrenz zu Niedriglohnländern

durch bessere Qualität gewonnen werden. Dass dieses Ziel große Anstrengung wert ist, zeigen die Marktzahlen: Der Weltmarkt der konsumorientierten Optik beläuft sich auf 170 Mrd. DM. Demgegenüber betrug der Umsatz der deutschen optischen Industrie inklusive Augenoptik 50 Mrd. DM.

Eine weitgehend automatisierte Fertigung mit voller Prozessbeherrschung ist das Ziel. Schwerpunkte sind die Fertigung asphärischer Optik und von preisgünstiger Kunststoffoptik, wobei die Mikroabformung das Tor zur Mikrooptik öffnet. Das verfahrenstechnische

*Fertigung von optischen
Komponenten und
Systemen
Bearbeitungszentrum für
optische Gläser
(Foto: LINOS AG)*



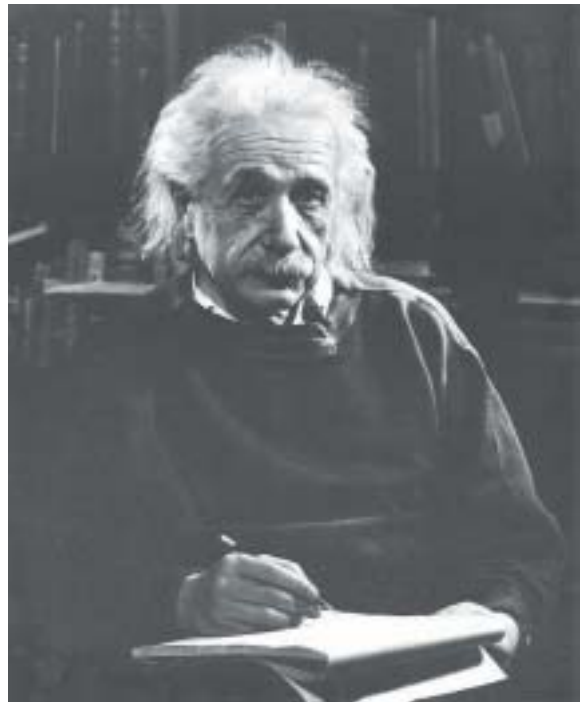
*Mikrooptische Komponenten aus
Kunststoff durch UV-
Reaktionsgießen auf einem
optischen Empfängerchip:
Lichtleiter, Mikroprisma und
snap-in Montagetechnik.
(Foto: FhG-IOF Jena)*

Wissen in Deutschland für das Erreichen dieser Ziele ist gut, auf zahlreiche wissenschaftliche Ergebnisse aus Forschungsinstituten kann aufgebaut werden, aber es fehlt schon heute an Fachpersonal zur praktischen Umsetzung. Hier gilt es nicht nur Lücken zu schließen, sondern Vorsorge zu schaffen, um die beabsichtigte Ausweitung angehen zu können. Für Physiker eröffnen sich heute in der optischen Industrie Betätigungsfelder so interessant wie zu Ernst Abbes Zeiten.

Optik-Forschung

Albert Einstein abzubilden bei einem kleinen Abschnitt über die heutige Optik-Forschung in Deutschland ist fast eine Anmaßung. Wir tun es hier, weil Einstein 1905 in *Über einen die Erzeugung und Umwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Standpunkt* feststellte, „...ist bei der Ausbreitung eines Lichtstrahles die Energie nicht kontinuierlich auf größer und größer werdende Räume verteilt, sondern es besteht dieselbe aus einer endlichen Zahl von in Raumpunkten lokalisierten Energiequanten, welche sich bewegen, ohne sich zu teilen und nur als ganze absorbiert und erzeugt werden können“.

Dazu schreibt Fölsing in seiner Einstein-Biographie: „Waren Plancks Energiequanten nur im Zusammenhang einer verwickelten Beweisführung postuliert worden, um die Herleitung der Strahlungsformel zu erzwingen, so hatte Einstein sie gewissermaßen aus dem Hohlraum befreit und das Quantenkonzept für viele andere Phänomene fruchtbar gemacht“. 1916 und

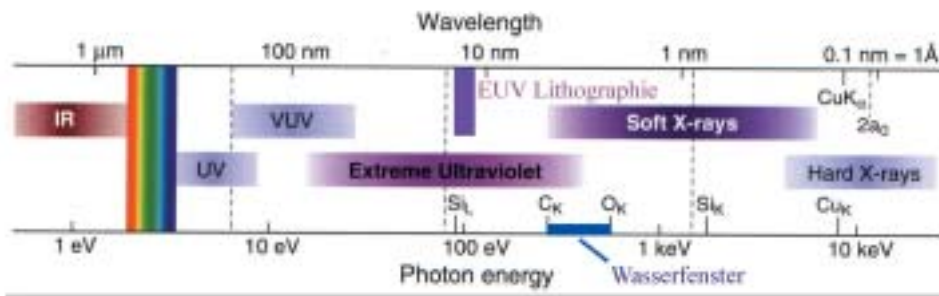


Albert Einstein (1879 – 1955)

1917 publizierte Einstein über die *Strahlungsemission und Absorption nach der Quantentheorie* bzw. über die *Quantentheorie der Strahlung* und legte damit das Fundament für die heutigen Anwendungen des Lichtes, bei welchen die korpuskularen und die stimulierten Eigenschaften in den Vordergrund treten. Dies sind die Wirkungen im UV und Extrem-UV, im Röntgenspektrum sowie die stimulierte Emission, die zur Laserstrahlung führt und zugleich die hohe Kohärenz und damit die kontrastreiche Interferenz der zugehörigen Wellen verursacht. Auf solch fruchtbaren Feldern muß, auch in den Grundlagen, intensiv, langfristig und mit genügend “kritischer” Masse geforscht werden, sollen die Optischen Technologien wirklich für eine Jahrhundert-Technologie tragfähig und wissenschaftliche Forschung in Deutschland wieder für Spitzenkräfte aus aller Welt attraktiv werden.



*Laboraufbau eines
Pikosekunden-Lasersystems
(Foto: DLR)*



*Der kurzwellige Spektralbereich
(Graphik: B. Wellegehausen, Hannover)*

Aus- und Weiterbildung

Der derzeitige Mangel an OT-Spezialisten und Fachkräften könnte den Aufschwung der Optischen Technologien in Deutschland hemmen. Die Diskussion um die *Greencard* für Ausländer entzündete sich zwar am Fachkräftemangel in der Kommunikations- und Computerbranche; dies ist aber nur die Spitze des Eisbergs, welcher alle Ingenieurdisziplinen und große Teile der Naturwissenschaften bedroht. Das hat zur Folge, dass alle Bemühungen um mehr Fachkräfte für die Optischen Technologien in scharfem Wettbewerb zu anderen Disziplinen mit Fachkräftemangel ausgefochten werden müssen.

Glücklicherweise rücken Bildung und Wissenschaft wieder stärker in den Mittelpunkt gesellschaftlichen Interesses, Reformen an Inhalten und Organisationsformen von Bildung gelten als Zukunftsinvestitionen.

In den Studiengängen der Physik muss die Optik ihre wichtige Bedeutung zurückerhalten. Darüber hinaus sollten die Optischen Technologien fester Bestandteil der Studiengänge in den Ingenieurwissenschaften werden. Weiterbildungsangebote sind nicht nur an wenige Fachleute in der optischen Industrie zu richten, sondern auch an Ingenieure und Physiker, um ihr Interesse zu wecken. Schließlich ist bereits bei der Facharbeitersausbildung der hohe Innovationsgrad im Bereich der Optik hervorzuheben.

Neben der qualitativen und quantitativen Ausweitung des Angebots ist die Grundeinstellung zu den Optischen Technologien zu "justieren". Die Optischen Technologien mit Lasern, Farben, Einblicken in die Mikrowelt "verkaufen sich gut". Die Einsicht in die faszinierende Dualität des Lichtes von Welle und Teilchen lässt die schier unerschöpflichen Möglichkeiten moderner Optischer Technologien erahnen. Hier öffnet sich für neue Berufsbilder ein weites Feld, das vom Photonik-Facharbeiter, über den Dipl.-Ingenieur Präzisionsfertigungstechnik und den Dipl.-Ingenieur Optische Systemtechnik bis hin zum Dipl.-Physiker mit Schwerpunkt Photonik reicht, *Chancen über Chancen für viele*, die sich von den Reizen der Optischen Technologien begeistern lassen.

Der Strategieprozess

In den USA wird dem Themenfeld Licht erhebliche Aufmerksamkeit gewidmet. Dazu veröffentlichte der National Research Council 1998 die Studie "Harnessing Light - Optical Scien-

*Permanente
Weiterbildung als
Schlüssel zum Erfolg.
(Foto: Rodenstock)*





*Schüler-Information
anlässlich der Agenda-
Konferenz*

ce and Engineering for the 21st Century”, die unter der Federführung des hierfür gegründeten Committee of Optical Science and Engineering (COSE) erarbeitet wurde. Dieser COSE-Report liefert sowohl eine Bestandsaufnahme dieses Themenfeldes als auch eine Vision der Zukunft, identifiziert Chancen und Potenziale dieser Schlüsseltechnologie für Wirtschaft und Gesellschaft im nationalen Kontext der USA und zeigt die Voraussetzungen für eine optimierte Erschließung des Themenfeldes durch in die Zukunft gerichtete Handlungsempfehlungen für Wirtschaft, Wissenschaft und Politik auf.

Der heutige globale Wettbewerb auf den Zukunftsmärkten regelt sich wesentlich über Innovation, Qualität und kürzere Produktzyklen. Eine aufeinander abgestimmte Forschung und Technologieentwicklung sind die bestimmenden Wettbewerbsfaktoren auf den High-Tech-Märkten. Innovation im internationalen Wettbewerb ist jedoch nur durch eine nachhaltige, zielorientierte, fachübergreifende und effizientere Forschung parallel zu Marketing und Produktionsplanung möglich. Der Strategieprozess ”Optische Technologien für das 21. Jahrhundert” zur Bildung solcher Innovationsstrukturen hat sich als das passende Werkzeug erwiesen.

Hierzu etablierte sich im März 1999 ein industriegeführter Lenkungskreis aus auf ihren Fachgebieten anerkannten Experten, die darüberhinaus auch die einschlägigen Wirtschaftsverbände und Wissenschaftsorganisationen (BDI, DIHT, Verband F+O, VDMA, ZVEI, DGaO, DPG, WLT, ...) vertreten bzw. repräsentieren.

Gearbeitet wurde mit einem ergebnisoffenen, transparenten und demokratischen Ansatz in zwei groß angelegten, aufeinander aufbauenden Workshop-Serien, einer anwendungsorientierten Serie im November 1999 in Dresden und einer querschnittsorientierten Workshop-Serie im Februar 2000 in Stuttgart. In Berlin wurden am 15. Mai 2000 auf einem Kongress mit der Veröffentlichung der *Deutschen Agenda Optische Technologien für das 21. Jahrhundert* die Ergebnisse der breiten Fachöffentlichkeit präsentiert. Über 400 Teilnehmer aus allen Bereichen der Branche verfolgten die Präsentation und eine technische Sonderschau, mit der die beteiligten Firmen den ”Enabling Character” der Optischen Technologien demonstrierten.

Die Bilanz und Substanz dieser vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unterstützten Arbeit ist beachtlich. Die Deutsche Agenda fasst die erarbeiteten Ergebnisse in weit über 100 Handlungsempfehlungen an Wirtschaft, Wissenschaft und Staat zusammen.

Die Handlungsempfehlungen spannen den Bogen dabei neben einer Vielzahl von fachlichen Details von Fragen der Aus- und Weiterbildung, der Stärkung der Zusammenarbeit von Wirtschaft und Wissenschaft, der Förderung von interdisziplinären Netzwerken bis hin zur Stärkung der Grundlagenforschung und der Etablierung eines entsprechenden Dachverbandes für die Optischen Technologien.

Gearbeitet wurde mit einem offenen, transparenten und demokratischen Ansatz mit externer Moderation, hier einmal beispielhaft dargestellt durch einen der mehreren 100 Arbeitsbögen aus einer der insgesamt 27 Arbeitsgruppen. Als Vorabinformationen wurden über 100 Vorträge oder schriftliche Beiträge in die Arbeit und Diskussion unter den mehr als 400 aktiven Teilnehmern der Workshops einbezogen.



Zwischenbilanz⁴

Mit der Agenda-Konferenz ist der Strategieprozess keineswegs abgeschlossen. Die Agenda-Konferenz ist vielmehr als ein Aufbruch zu verstehen, diese Handlungsempfehlungen wesentlicher deutscher Unternehmen der Optischen Industrie und der deutschen Wissenschaftsszene mit Leben zu füllen.

Insgesamt ist es durch die Aktivitäten des letzten Jahres in Deutschland zu einer Neubewertung der Optischen Technologien gekommen. Es konnte eine Aufbruchstimmung in Wirtschaft und Wissenschaft erzeugt werden, die Zersplitterung der Optischen Technologien in

⁴ Stand Oktober 2000

*Übergabe der Deutschen
Agenda "Optische
Technologien für das
21. Jahrhundert" durch die
beiden Sprecher des
Lenkungskreises Dr.
A. Siegel, Carl Zeiss, und
Prof. Dr. G. Litfin, LINOS
AG, an Staatssekretär Dr.-
Ing. U. Thomas,
Bundesministerium für
Bildung und Forschung,
anlässlich der Agenda
Konferenz am 15. Mai 2000
in Berlin.*



verschiedene Disziplinen, Industriebranchen und Anwendungsfelder ist aufgebrochen und fachübergreifende bewußte Nutzung von Synergieeffekten wird verstärkt angestrebt. In dieses Bild gehört auch, dass die LASER, der Welt größte Lasermesse in München, ab dem Jahr 2001 den Untertitel "World of Photonics, Global Business in Light" führen wird.

Von Seiten des BMBF wurden neben einer Reihe von verschiedenen fachlichen vordringlichen Maßnahmen sofort auch strukturbildende Maßnahmen umgesetzt, z. B. die Kompetenznetze Optische Technologien.

Mit ihnen soll die gesamte Breite des Gebietes stimuliert werden, insbesondere durch Unterstützung der fachübergreifenden Synergiebildung. Vorbild sind hier durchaus die äußerst erfolgreichen Clusterstrukturen in den USA, Tuscon, Arizona, oder Rochester, New York. Mit dieser Maßnahme soll für den Standort Deutschland die Basis für eine international wettbewerbsfähige Infrastruktur in den Optischen Technologien geschaffen werden. Der bisherige Verlauf des Optec-Net Wettbewerbes deutet eine große Akzeptanz dieser Maßnahme von Industrie und Wissenschaft nicht nur in den großen Ballungszentren Optischer Technologien an.

Der Verein Deutscher Ingenieure (VDI), maßgeblich über sein Technologiezentrum (VDI-TZ) an dem Strategieprozess beteiligt, verkündete in Berlin mit der Einrichtung des Kompetenzfeldes Optische Technologien (VDI-OT) die Schaffung einer Plattform für Wirtschaft, Wissenschaft und Staat, mit der dem multi- und interdisziplinären Feld eine Heimat gegeben werden soll. Als Vorsitzender konnte Prof. Dr.-Ing. G. Herziger gewonnen werden. Als größter technisch wissenschaftlicher Verein Europas und als fach- und branchenübergreifende neutrale Institution wird der VDI mit seinen über 20 Fachgliederungen die zersplitterte Optik-Branche - auch europaweit - stärken, dies in enger Zusammenarbeit mit dem Lenkungskreis und anderen involvierten Verbänden.

Auch die Finanzwelt nimmt die Optischen Technologien inzwischen als Schlüsseltechnologie wahr und dies nicht nur seit den erfolgreichen Neuemissionen wie jüngst durch die LINOS AG oder durch Lambda Physik AG. Der Investment-Fond "Uni 21.Jahrhundert" pro-

phezeit eine Ära der menschorientierten Industrien und sagt den 5 Zukunftsbranchen Bio-, Gesundheits- und Umwelttechnologie sowie den optischen Technologien und dem Informationssektor hohe Wachstumschancen voraus.

Was bleibt in Zukunft zu tun?

Mit der Deutschen Agenda wurde erstmals ein umfassender Strategieprozess zur Gestaltung der Zukunft eines für den Standort Deutschland wichtigen Wirtschaftsgebietes eingesetzt. Jetzt gilt es, die Empfehlungen der Deutschen Agenda in die Praxis umzusetzen.

Der Weg in das "Jahrhundert des Photons" erfordert dabei in Zukunft erhebliche weitere gemeinsame Anstrengungen von Industrie, Wissenschaft und Politik. Erfolgreiche Innovationsstrukturen bedürfen neben hoher Kompetenz in den Köpfen einer solchen intensiven Zusammenarbeit in Form einer Public Private Partnership. Die Handlungsempfehlungen werden derzeit vom BMBF und weiteren Industriekreisen zur konkreten Umsetzung ausgewertet. Dabei sollten die bisherigen Kräfte weiter vereint mit ihren unterschiedlichen Aufgaben an dem gesteckten Ziel zusammenwirken: Die Wissenschaft liefert Grundlagen und kreative Anstöße für Inventionen; Aufgabe der Wirtschaft ist die Umsetzung von Inventionen in wettbewerbsfähige Innovationen; Aufgabe des Staates ist die Schaffung international wettbewerbsfähiger Rahmenbedingungen und eines innovationsfördernden Wirtschaftsklimas.

Erfolgsaussichten für den Standort Deutschland

Vor dem Hintergrund der in Deutschland vorliegenden Industriestruktur, bei der die auf dem Gebiet der Optischen Technologien entstehenden neuen Marktsegmente von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) mit hoher Innovationskraft geprägt werden, und etabliertere Marktsegmente durch größere Unternehmen abgedeckt sind und so eine effiziente Arbeitsteilung der KMU als Zulieferer von Innovationen möglich ist, und einer bereits bestehenden sehr leistungsfähigen Forschungsinfrastruktur sind die Erfolgsaussichten, mit der Umsetzung der Deutschen Agenda Optische Technologien durch die 3 Akteure eine Spitzenposition auf dem Weltmarkt und in der Wissenschaft zu erreichen, für die Bundesrepublik besonders günstig.

Wer heute die Weichen für die Optischen Technologien richtig stellt, wird an dem zu erwartenden großen Wachstum und damit an der Generierung von neuen Arbeitsplätzen teilhaben.

Der Report

Die *Deutsche Agenda Optische Technologien für das 21. Jahrhundert* (ISBN 3-00-006083-9, ca. 190 S., 47 Abb.) ist über das VDI-Technologiezentrum, Düsseldorf (www.vdi-tz.de oder www.optischetechnologien.de) und über den Buchhandel erhältlich.

Ansprechpartner

VDI-Technologiezentrum
Dr. Eckhard Heybrock
Postfach 101139
40002 Düsseldorf
Tel.: 0211 6214 581
Fax: 0211 6214 484
E-Mail: heybrock@vdi.de
www.optischetechnologien.de
www.vdi-tz.de



Agfa-Gevaert • Institut für Entwicklungsplanung und Strukturforchung • Knoll • TU München • Sontzonic
• Zeiss Optronik • Akademie für Wissenschaft, Wirtschaft und Technik • MAN Roland Druckmaschinen • FEE
• Heideberger Druckmaschinen • FZ Karlsruhe • Leica • Alcatel SEL • MTU München • DGAO • Bayer •
RoFin-Sinar Laser • AMA • Hella • FH Hildesheim / Holzminden / Göttingen • DaimlerChrysler • Sick • TU
Dresden • WLT • Swiss Federal Institute of Technology • Elight Laser Systems • ASM Lithographie •
Gesellschaft für Mikrostrukturtechnik • IKS Optoelektronik • LASEROPTIK • Nestlé • Arbeitsgemeinschaft
Industrieller Forschungsvereinigungen • RWTH Aachen • EMBL Heidelberg • Hoffmann-La Roche • ILM Ulm
• BMW • Panakol Elosol • Arnold Maschinenfabrik • TU Braunschweig • ASE • BASF • Uni Braunschweig
• BDI • Max-Born-Institut • Solvias • ISIS Optronics • Bremer Institut für Angewandte Strahltechnik •
Volkswagen • Institut für Niedertemperatur-Plasmaphysik • Vitronic • Bundesinstitut für Berufsbildung •
Scanlab • Bundesumweltamt • Schering • Carl Zeiss • Uni Konstanz • VDI • WPW Ingenieure • FH Jena •
Covion Organic Semiconductors • DESY • Uni Jena • Philips • Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt •
Uni Hamburg • Dornier MedizinLaser • Uni Kaiserslautern • Verband F+O • microParts • Körber • Audi •
Uni Göttingen • Engler-Bunte-Institut • ERCO Leuchten • Sematech • ETA-Optik • EVOTEC • FH Aalen •
ZSW • OSRAM • FH Lübeck • Berlin-Oberspree Sondermaschinenbau • Forschungsinstitut für Optronik und
Mustererkennung • Fraunhofer Gesellschaft • Wahl • Fresnel Optic • Deutsche Forschungsgemeinschaft •
Greiner • Max Planck Gesellschaft • GSI Darmstadt • Heinz-Piest-Institut für Handwerkstechnik • Binzel •
Heraeus Noblelight • IBM Deutschland • Infineon Technologies • Institut für Technische Optik • FH Gießen
Friedberg • Jenoptik • Uni-Klinik Bochum • K.H. Arnold • Agilent Technologies • Uni Stuttgart • Karl Storz
• Steinbichler • Kettner • Centrum für Prototypenbau • Schott • Klinikum Großhadern • Celanese • Kugler
• Lambda Physik • Uni Potsdam • Laser Zentrum Hannover • Dr. Willing • Laser-Display-Technology • ARRI
• Laserlaboratorium Göttingen • Uni Wien • LPKF Laser & Electronics • Trumpf Lasertechnik • LUMINO Licht
Elektronik • Mannesmann • ZVEI • Medizinisches Laserzentrum Lübeck • Merck • Uni Bremen • Deutsche
Thomson-Brandt • Nanolayers • Optech Consulting • Uni München • Institut für Mikrotechnik • OSRAM
Opto Semiconductors • Polytec • Uni Hannover • Precitec • Radium • FZ Jülich • Robert Bosch • Röhm •
Hoechst Marion Roussel • Lichttechnisches Institut • Sator Laser • Uni Karlsruhe • Breuckmann • Schneider
• Bundeskriminalamt • sgt Sensorberatung • Rodenstock • Siemens • Stadtverwaltung München • Institut
für den wissenschaftlichen Film • Jefferson Lab. • Dr. Ing. Willing • AMI DODUCO • DILAS Diodenlaser •
Steag Hama Tech • Balzers & Leybold • Uni Ulm • Temic • Institut für Oberflächenmodifizierung • Thyssen
Stahl • TU Berlin • Ettemeyer • Corrsys • TU Ilmenau • VDO • Deutsche Gesellschaft für Kunststoff-
Recycling • Uni Bayreuth • Deutsches Textilforschungszentrum • Physikalisch-Technische Bundesanstalt •
Uni Erlangen • Dr. Schenk • Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung • Uni Heidelberg • Kraft •
Stadtwerke Karlsruhe • Uni Paderborn • LOCTITE • Uni Rostock • Loh Optikmaschinen • NARVA B.E.L •
InfraLytic • Universität der Bundeswehr • VDMA • Wacker Siltronic • Institut für Physikalische
Hochtechnologie • OptoTech • TU Darmstadt • Roland Berger & Partner • LINOS • FH Köln •