

Licht – universelles Werkzeug

Optische Technologien zählen zu den wichtigsten Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts. Sie sind Innovationstreiber für fast jede Branche: von der Medizin über die industrielle Fertigung, die Nanotechnologie bis zur Informations- und Kommunikationstechnik. Deutsche Unternehmen gehören zu den Technologie- und Marktführern.

Das Lasergeschäft boomt, Mitarbeiterzahlen steigen, der Umsatz wächst, deutsche Unternehmen sind Weltmarktführer – mit diesen guten Nachrichten macht die optische Industrie in Deutschland Schlagzeilen. Der Industrieverband für optische, medizinische und mechatronische Technologien SPECTARIS erwartet, dass der Umsatz in diesem Jahr um sechs Prozent auf fast 40 Milliarden Euro steigen wird. Bereits im Vorjahr war der Gesamtumsatz um 7,2 Prozent gewachsen. Das schafft auch neue Arbeitsplätze: Die Zahl der Beschäftigten soll sich 2005 um zwei Prozent auf 260 000 erhöhen.

Besonders rasant entwickelt sich der Bereich Laser und optische Komponenten. Dort rechnet der Verband in den kommenden Jahren mit Zuwächsen von zehn Prozent pro Jahr. Das Marktforschungsunternehmen Optech Consulting aus der Schweiz erwartet, dass das weltweite Marktvolumen allein für Lasersysteme zur Materialbearbeitung von 4,65 Milliarden Euro im Jahr 2004 auf 9,5 Milliarden Euro im Jahr 2010 steigen wird. Dementsprechend gute Stimmung herrscht auch auf der internationalen Leitmesse für optische Technologien, der Laser 2005: Aussteller und Besucher bewerten die aktuelle wie auch die zukünftige Situation in der Photonik äußerst positiv. Mit ausgezeichnet bis gut wird die aktuelle Lage von 76 Prozent

der Aussteller und 68 Prozent der Besucher beurteilt. 51 Prozent der Aussteller erwarten sogar eine weitere Verbesserung des Marktes.

Davon werden vor allem deutsche Firmen profitieren. Seit Ende der 80-er Jahre hat sich Deutschland in vielen Bereichen der Lasertechnik zu einem internationalen Technologie- und Weltmarktführer gemauert. Im Ausland ist Lasertechnik aus deutschen Ländern gefragt. Allein im vergangenen Jahr wurden Waren im Wert von drei Milliarden Euro ausgeführt. »Die Exportquote verzeichnete damit einen Anstieg auf 66,8 Prozent – ein klarer Beleg für die internationale Konkurrenzfähigkeit deutscher Produkte dieser Branche«, urteilt Sven Behrens, Hauptgeschäftsführer von SPECTARIS. »In kaum einem anderen Technologiefeld kann sich Deutschland seit Jahren so sicher behaupten. Es ist sogar gelungen, die Vormachtstellungen im internationalen Vergleich weiter auszubauen«, betont Gerhard Hein, Geschäftsführer der Arbeitsgemeinschaft »Laser und Materialbearbeitung« im Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau VDMA.

Hohe Investitionen in Forschung und Entwicklung

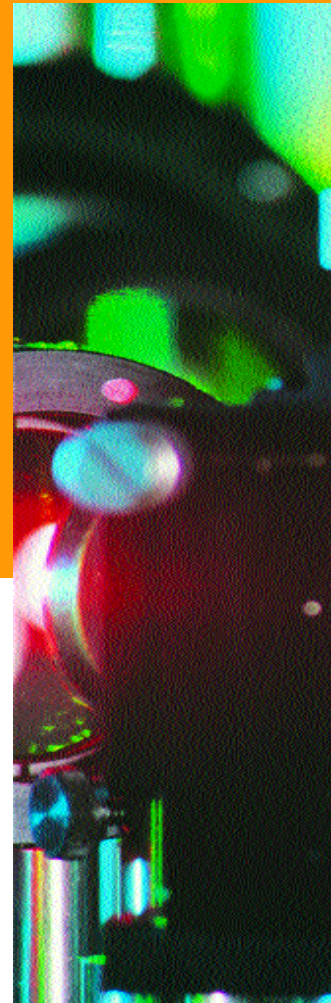
Doch was ist das Erfolgsrezept der optischen Industrie? Wie gelingt es dieser Bran-

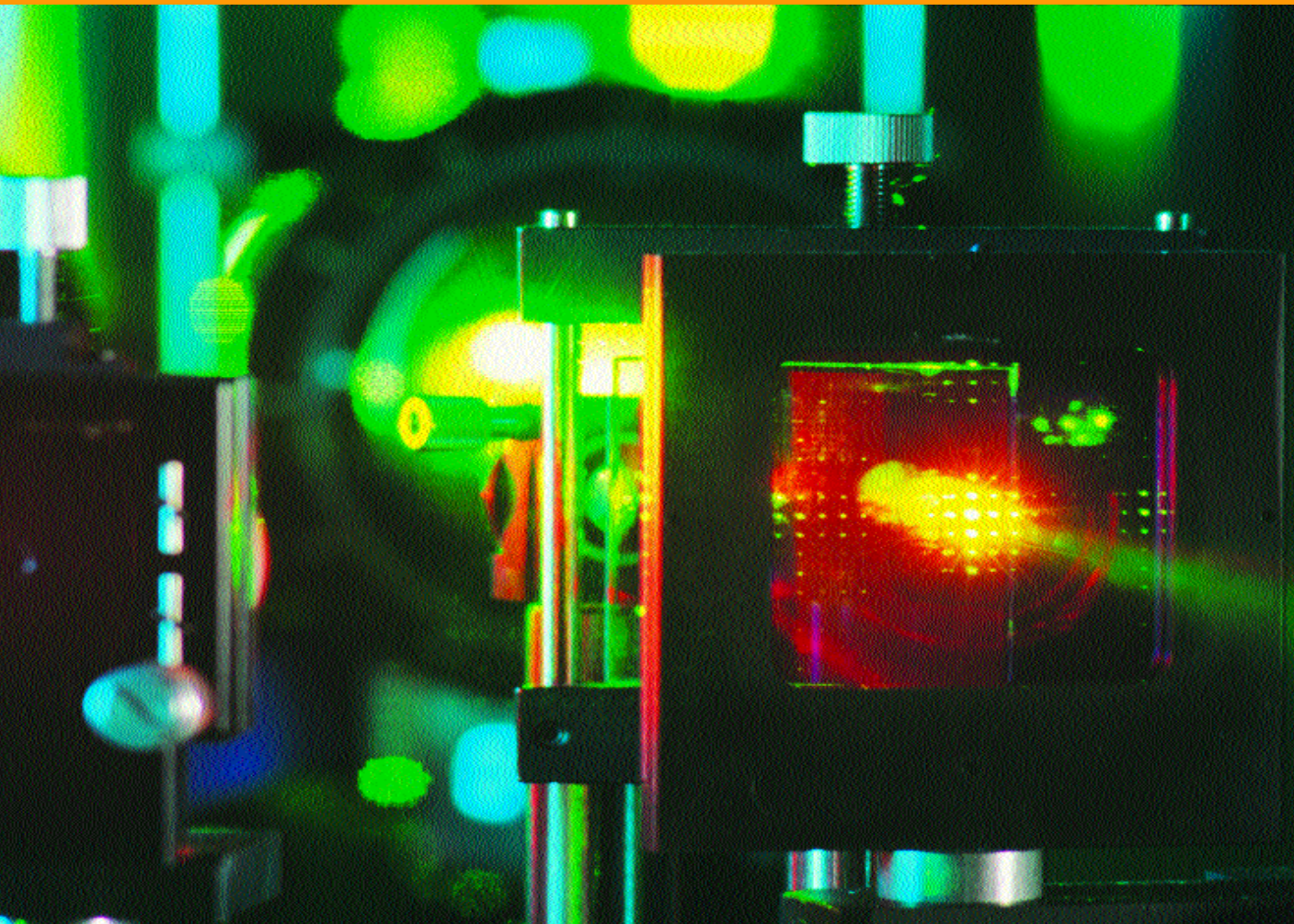
Die Lasertechnik gehört zu den Hochtechnologiefeldern, bei denen Deutschland einen Anteil von 40 Prozent am Weltmarkt hat.

© Vincent Jung/f1 online

che immer wieder Innovationen hervorbringen? Dass sich diese Unternehmen im globalen Wettbewerb so gut behaupten, hat mehrere Gründe: Die konsequente öffentliche Förderung optischer Technologien, die hohen Investitionen der Firmen in Forschung und Entwicklung (FuE) sowie die effektive Zusammenarbeit von Forschung und Industrie. So hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) von 1987 bis 2004 Projekte zu Lasertechnik und optischen Technologien mit über 770 Millionen Euro unterstützt. Im Frühjahr 2002 startete das BMBF das Förderprogramm »Optische Technologien – Made in Germany« und investiert bis 2006 noch einmal 280 Millionen Euro in die Photonik.

Aber auch die optische Industrie selbst wendet viel Geld für Forschung und Ent-





wicklung auf. Im Bereich Laser und optische Komponenten beträgt die FuE-Quote 11,1 Prozent, das heißt mehr als elf Prozent des Gesamtumsatzes werden in Forschung und Entwicklung investiert. Zum Vergleich: Im Schnitt wenden Unternehmen etwa drei Prozent für FuE auf.



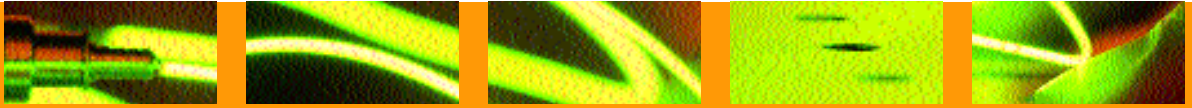
optischetechnologien.de

Ein weiterer Pluspunkt ist die enge Zusammenarbeit von Wissenschaft und Wirtschaft. Hochschulen, Forschungseinrichtungen wie die Fraunhofer-Institute oder das Laser Zentrum Hannover und mehr als 400 meist kleine und mittelständische Unternehmen engagieren sich in zehn Kompetenznetzen. Initiiert wurden diese Kompetenznetze vom BMBF und dem VDI Technologiezentrum in Düsseldorf.

Sie sollen den Wissenstransfer und die Umsetzung von Forschungsergebnissen in Produkte erleichtern.

Auch in der Fraunhofer-Gesellschaft ist die Photonik ein besonderer Schwerpunkt. »Tailored Light – Licht als Werkzeug« ist eine der zwölf Perspektiven für Zukunftsmärkte. In diesem Forschungsprojekt arbeiten Fraunhofer-Forscher daran, maßgeschneidertes Licht für die unterschiedlichsten Anwendungen zu erzeugen und als Werkzeug nutzbar zu machen. Mindestens 15 Fraunhofer-Institute sind auf Themenfeldern mit hoher optischer Relevanz tätig. Um ihre Kompetenzen abgestimmt einzusetzen und strategische Entwicklungen zu koordinieren, haben sich sechs Institute zu dem [Fraunhofer-Verbund Oberflächentechnik und Photonik](#) zusammengeschlossen.

Die enge Vernetzung von Industrie und Forschung sowie die intensive FuE-Förderung zahlen sich aus. Auf der Messe Laser 2005 konnten wieder einige Innovationen Made in Germany vorgestellt werden. Ein Beispiel ist das am Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik [IWS](#) entwickelte Remote-Schweißen (Fernschweißen). Hierbei wird nicht der Roboterarm, sondern der Laserstrahl selbst über ein Spiegelsystem entlang der Schweißstelle geführt (s. Seite 14). Das Verfahren ist bis zu zehnmals schneller als das konventionelle Punktschweißen. In der Automobilfertigung kann die neue Technologie die Taktzeiten sogar um bis zu 60 Prozent verkürzen. Zu diesem Ergebnis kommen die Unternehmensberatung McKinsey und das Werkzeugmaschinenlabor der RWTH Aachen in der gemeinsamen Studie »Tomorrows automotive manufacturing«.



Grundlagen für das Verfahren wurden am IWS in Dresden gelegt. Schnell hat auch der Laserhersteller Rofin Sinar das Thema aufgegriffen. Mit dem richtigen Know-how lassen sich die neuen Lasertechnologien in bestehende Fertigungsprozesse einbinden. Systemintegratoren wie die Firma Erlas und Anbieter von Bearbeitungsstationen und Laserstrahlquellen wie Trumpf-Laser fügen ihre Lösungen in Produktionsstraßen bei Automobilherstellern und Zulieferern ein. Auch DaimlerChrysler setzt auf die neue Technologie. Der Autobauer hat unter dem Namen »Robscan« eine Anlage für Remote-Schweißen entwickelt. Sie soll bereits ab dem nächsten Jahr in der Serienfertigung eingesetzt werden.

Faserlaser eröffnet vollkommen neue Möglichkeiten

Mit dem Laser lassen sich auch Schicht für Schicht komplexe metallische Bauteile direkt aus 3-D-CAD Daten herstellen. Das generative Fertigungsverfahren Selective Laser Melting (SLM) haben Forscher des Fraunhofer-Instituts für Lasertechnik **ILT** entwickelt. Der Ausgangswerkstoff für den SLM-Prozess ist Metallpulver, das Schicht

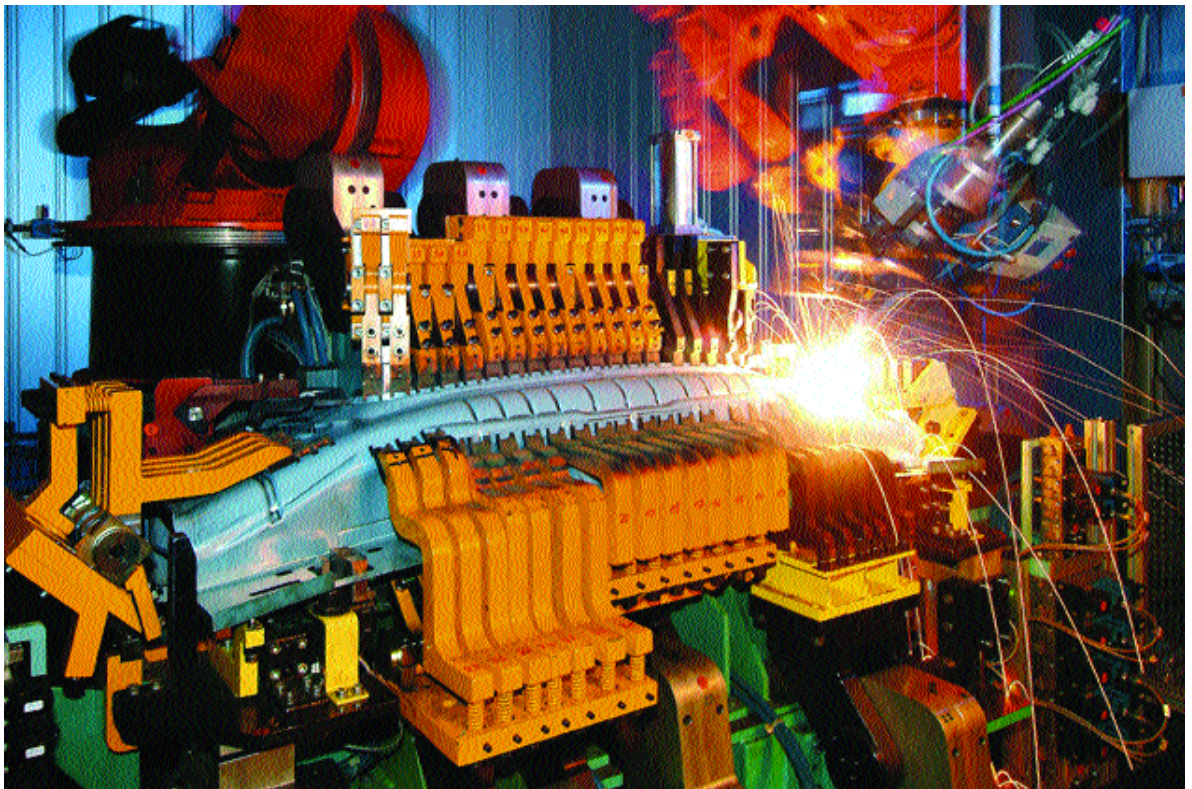
für Schicht mit dem Laserstrahl selektiv geschmolzen wird. Mit dem Verfahren lassen sich nicht nur metallische Bauteile, sondern auch Knochen-Implantate und Zahnersatz fertigen.

Vollkommen neue Möglichkeiten eröffnet der Faserlaser. In extrem dünnen, optischen Fasern werden Teilchen angeregt, die dann eine Laserstrahlung abgeben. »Faserlaser sind die Laser der nächsten Generation. Sie bilden eine Schlüsselkomponente der optischen Systemtechnik, die die Basistechnologie für optische Systeme mit umfassender Funktionalität darstellt«, sagt Prof. Andreas Tünnermann, Leiter des Fraunhofer-Instituts für Angewandte Optik und Feinmechanik **IOF** und Inhaber des Lehrstuhls für Angewandte Physik an der Universität Jena. Bisher hatten Faserlaser allerdings eine relativ schwache Leistung. Die Forschungsarbeiten von Prof. Tünnermann und seinen Mitarbeitern legen Grundlagen für neue Lasersysteme, die stabiler und zugleich wesentlich leistungsstärker sind.

»Im Gegensatz zu konventionellen Lasern werden im Faserlaser optische Komponenten, wie der Laserspiegel, in die Lichtleit-

faser selbst eingebaut. Durch diese integrierte Bauform erlauben Faserlaser Lasersysteme mit hoher Zuverlässigkeit und Robustheit. So liefert der Faserlaser auch bei höchsten Ausgangsleistungen eine hohe Strahlqualität«, nennt Tünnermann Vorzüge der neuen Technologie. In der Materialbearbeitung entwickeln sich Faserlaser zu einer Alternative zu den bekannten Gas- und Festkörperlaser-Systemen. Aktuelle Entwicklungen stellen die Fraunhofer-Institute **IOF**, **ILT** und **IWS** am 22. November auf einem Internationalen Faserlaser-Workshop in Dresden vor.

Beispiele wie der Faserlaser zeigen, dass das Potenzial der Lasertechnik noch lange nicht ausgereizt ist. »Bislang sind erst weniger als 50 Prozent der möglichen Laseranwendungen realisiert«, so Arnold Mayer, Chef der Firma Optech Consulting. Neue Anwendungen sollen zum Beispiel Femtosekundenlaser ermöglichen. Diese Laser arbeiten mit extrem kurzen Lichtblitzen, die nur einige Millionstel Teile einer Milliardstel Sekunde dauern. Zum Vergleich: In einer Sekunde umrundet das Licht siebenmal die Erde. In einer Femtosekunde legt es nur den hundertsten Teil einer Haaresbreite zu-



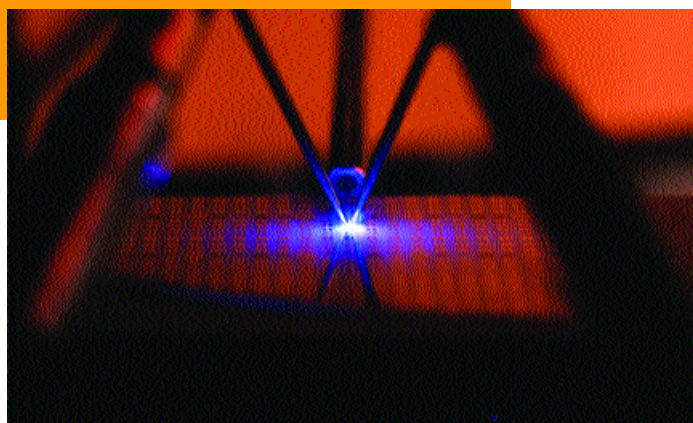
Von einem Roboterarm geführt, setzt bei »Robscan« der Laserstrahl Scheißnähte in Sekundenbruchteilen.
© DaimlerChrysler

rück. Mit Femtosekundenlasern können Materialien und Gewebe sehr exakt und mit deutlich geringerer Wärmebelastung als durch andere Laser behandelt werden – ein großer Vorteil etwa in der Augen- und Zahnmedizin. Neue Anwendungsgebiete erschließen auch Hochleistungsdiolenlaser. Die kleinsten und effektivsten aller Laserstrahlquellen zeichnen sich durch einen sehr hohen Wirkungsgrad, hohe Lebensdauer und kostengünstige Herstellungsverfahren aus.

Licht für die nächste Chipgeneration

Licht ist das universelle Werkzeug des Informationszeitalters. Es ist die Grundlage, um Daten aufzunehmen, zu speichern, zu transportieren oder zu visualisieren. Seit den Anfängen der Halbleiterindustrie werden Chips durch Belichtung hergestellt. Doch um in Zukunft immer kleinere Strukturen und damit auch mehr Transistoren herstellen zu können, werden neue Lichtquellen benötigt. Derzeit verwenden moderne Chipfabriken Laserlicht mit einer Wellenlänge von 193 Nanometern. Das Licht ist zu langwellig, um Strukturen auf Siliziumwafer zu schreiben, die deutlich kleiner als 50 Nanometer sind. Forscher des ILT, des Lehrstuhls für Lasertechnik, der Firma AIVUX und Philips Extrem UV arbeiten an einer EUV-Lichtquelle. Ultraviolette Strahlung (EUV) liegt mit 13,5 Nanometern weit unterhalb der Wellenlänge des sichtbaren Lichts nahe bei den Röntgenstrahlen. Damit können kleinste Strukturen gefertigt werden. Im Erfolgsfall wird die EUV-Technologie die komplette Halbleiterfertigung revolutionieren und den Bestand des Moor'schen Gesetzes der Verdopplung der Leistung alle 18 Monate sichern.

Neue Laserlichtquellen sind auch der Schlüssel zu größeren, schnelleren und preisgünstigeren digitalen Speichern. Dank des blauen Lasers könnte demnächst eine DVD reichen, um sämtliche Symphonien von Mozart in ausgezeichnete Qualität zu speichern. Denn mit dem blauen Laser lassen sich Daten noch dichter als mit dem herkömmlichen roten Laser schreiben und auslesen. Bis zu 50 Gigabyte sollen auf die »Blue Disc« passen. Um diese Datenmenge zu speichern, werden bislang zehn herkömmliche DVDs benötigt. Das Fraunhofer



Die Zukunft der DVD-Plattenspieler ist blau: Neue und kostengünstige Laser erzeugen Licht bei kurzen Wellenlängen.

© Fraunhofer IAF

Institut für Angewandte Festkörperphysik **IAF** arbeitet gemeinsam mit Osram an Laserdioden aus Galliumnitrid – dem im blauen Bereich am besten geeigneten Material.

Immer mehr Daten fließen immer schneller um die Welt. Glasfasernetze sind die Basis für den schnellen Datentransfer per Licht. Sie bilden das Nervensystem der heutigen Informationsgesellschaft. Doch das explosionsartige Wachstum des Internetverkehrs stellt ständig höhere Anforderungen an die optischen Transportnetze. Forscher des Fraunhofer-Instituts für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut **HHI** arbeiten an neuen Techniken und Übertragungsverfahren, die eine bessere Nutzung der Glasfaserübertragungsstrecken ermöglichen.

Mobile Geräte wie Mobiltelefone, Digitalkameras oder PDAs können schon bald zu Projektoren werden. Möglich machen dies zweiachsig aufgehängte Scannerspiegel, wie sie die Fraunhofer-Institute für Siliziumtechnologie **ISIT** und für Photonische Mikrosysteme **IPMS** entwickelt haben. Diese Scanner sind das Herzstück für Mini-Beamer, die sich in Handy und Co integrieren lassen. Sie lenken den Strahl einer Laserdiole zeilenförmig und vertikal ab und erzeugen so ein Bild. Sobald entsprechend miniaturisierte Lichtquellen in Rot, Grün und Blau zu Verfügung stehen, können die Mini-Beamer auch vollfarbige Bilder darstellen. Das IOF arbeitet am optomechanischen Aufbau für diese miniaturisierten Projektoren.

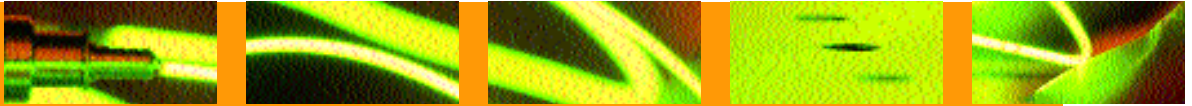
Abschied von der Glühbirne

In Deutschland werden acht Prozent der elektrischen Energie für Beleuchtung benötigt. Das entspricht einem Verbrauch von 40 Milliarden kWh – die Stromerzeugung von etwa drei modernen Kernkraftwerken. Der Grund für den hohen Stromverbrauch ist der geringe Wirkungsgrad der Glühbirne

von nur fünf Prozent: Den Großteil der elektrischen Energie strahlen sie als Wärme ab und in Form von sichtbarem Licht. Eine viel versprechende Alternative sind weiße Leuchtdioden, die Forscher des IAF erfunden haben (s. Seite 24). Sie erzeugen kaum Verlust-Wärme und brauchen im Vergleich zur Glühbirne deutlich weniger Strom.

Es ist nur eine Frage der Zeit, dass LEDs die Glühbirnen ersetzen, schätzt das US-Marktforschungsinstitut iSuppli ein. Allerdings werde ein wirtschaftlicher Umstieg erst in fünf Jahren möglich sein. »Für die meisten Massen Anwendungen sind die Kosten für den Einsatz der ultrahellen LEDs noch zu hoch. Gleichzeitig reicht die Helligkeit nicht aus, um gegen traditionelle Lichtquellen bestehen zu können«, erklärt iSuppli-Analyst Jagdish Rebello. Aber Unternehmen wie Lumileds, Nichia und Osram entwickeln die Leuchtstärke der LEDs immer weiter und kommen damit dem wirtschaftlichen Einsatz der Dioden für die allgemeine Beleuchtung ständig näher.

Erst vor wenigen Monaten hat Osram die bisher hellste weiße Leuchtdiode vorgestellt. Die »Ostar Lighting« liefert eine Lichtausbeute von 200 Lumen und besitzt eine durchschnittliche Lebensdauer von 50 000 Stunden. Die LED wird derzeit zur Serienreife entwickelt und soll Anfang 2006 auf den Markt kommen. Die außergewöhnliche Helligkeit erreichen die Forscher der Osram-Tochter Osram Opto Semiconductors in Regensburg, indem sie nahezu das gesamte innerhalb des Halbleiterchips erzeugte Licht auskoppeln. Dies gelingt mit einer Kombination verschiedener Techniken: Die Beschichtung des Chips, ein spezieller Metallspiegel und eine besonders strukturierte Chipoberfläche mit Mikroprismen führen das Licht direkt nach außen. Der Chip erzeugt intensives blaues Licht, das von einem gelben Leuchtstoff in weißes Licht umgewandelt wird.



Die Ostar Lighting liefert eine Lichtausbeute von 200 Lumen und stellt damit Glühlampen und Leuchtstoffröhren in den Schatten.
© Osram

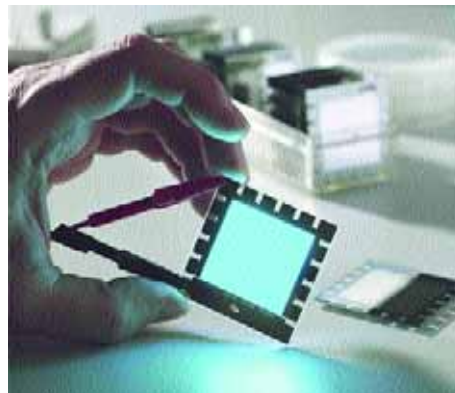
Die Entwicklung von OLEDs ist auf dem Vormarsch. Bei der Philips GmbH wird spätestens in fünf Jahren mit den ersten Produkten im Handel gerechnet.
© Philips

Der Markt für LEDs ist äußerst viel versprechend. iSuppli geht davon aus, dass der Weltmarkt für Leuchtdioden in Beleuchtungsapplikationen von derzeit 144 Millionen auf 875 Millionen US-Dollar im Jahr 2010 anwachsen wird. Das entspricht einer jährlichen Wachstumsrate von mehr als 52 Prozent.

Neue Möglichkeiten in der Beleuchtung eröffnen auch organische Leuchtdioden OLEDs. Die leuchtende Tapete, die ihre Farbe auf Wunsch ändert und gleichzeitig als Bildschirm dient – ist eine Vision der Forscher. In einem EU-Projekt arbeiten Forscher an einer OLED-Leuchte, die mindestens 10 000 Stunden brennt (s. Seite 18). Philips GmbH rechnet spätestens in fünf Jahren mit ersten OLED-Lichtquellen im Handel. Den Prototyp einer OLED-Lichtquelle stellte OSRAM Opto Semiconductors, Regensburg, kürzlich vor. Der Prototyp hat eine Lichtausbeute von sieben lm/W und strahlt mit einer Helligkeit von 250 Cd/m².

Investitionen in die Initiative »OLED 2015«

Während die OLED-Leuchte noch Zukunftsmusik ist, gehören organische Leuchtdioden als Displays in Mobiltelefonen, Autoradios und Digitalkameras bereits zu unserem Alltag. Doch ganz so stürmisch wie erwartet verlief der Markteintritt nicht. Ein Knack-



punkt ist die Lebensdauer der leuchtenden Kunststoffe. Sie reicht noch nicht für alle Consumer-Anwendungen aus. Forscher der Arbeitsgruppe Polymere und Elektronik am Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP arbeiten daher an verbesserten Polymeren. Doch damit sich die neuen Displays am Markt durchsetzen, müssen sie preiswert gefertigt werden können. Forscher des Fraunhofer-Instituts für Photonische Mikrosysteme IPMS in Dresden haben ein neues besonders preiswertes Herstellungsverfahren entwickelt. »Deutschland hat eine führende Position bei Herstellungstechniken sowie Forschung und Entwicklung«, sagt Jörg Winkler vom VDMA Display Forum. Um diese Stellung weiter auszubauen, will das BMBF in den nächsten fünf Jahren 100 Millionen Euro in die Initiative »OLED 2015« investieren.

Mit Licht lassen sich Ursprünge von Krankheiten erkennen. Das BMBF unterstützt in dem Forschungsschwerpunkt Biophotonik Projekte, die mit optischen Mitteln Krankheiten auf die Spur kommen wollen. Konkrete Ziele sind die Tumorfriherkennung, die Erforschung eines vielseitigen Biochip-Lese-Geräts zur Genanalyse, die Detektion bakterieller Kontaminationen und die schnelle Pollenvorhersage. Beispiel »Pollenmonitor«: Das maßgeblich vom Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM entwickelte Gerät untersucht die Luft vollautomatisch und identifiziert mit Hilfe optischer Technologie die unterschiedlichen Pollenarten. Die gewonnenen Daten werden anschließend für die Pollenvorhersage des Deutschen Wetterdienstes (DWD) verwendet und können so durch präzisere Vorhersagen die Lebensqualität der etwa 12 Millionen Pollenallergiker in der Bundesrepublik verbessern.

Licht kann weit mehr als Räume erleuchten: Es schneidet, bohrt und schweißt unterschiedlichste Materialien, speichert Daten auf CDs, transportiert Informationen um die Welt oder misst Schadstoffe. Die technische Nutzung von Licht ist heute Alltag. Denn Licht besitzt einzigartige Eigenschaften: Es lässt sich auf den millionsten Teil eines Millimeters bündeln und ermöglicht kürzeste Lichtpulse. Es ist stark genug, um den dicksten Stahl zu schneiden, und doch so gut dosierbar, dass damit Augen behandelt werden können. Das »gebändigte Licht« treibt technische und wirtschaftliche Entwicklungen in vielen Branchen voran.

»Laser und optische Technologien sind Schlüsseltechnologien für wichtige Anwendungsgebiete wie etwa Nanotechnologie, Informationstechnologie, Telekommunikation oder Medizintechnik, die selbst Zukunftsmärkte mit erheblicher Wachstumsdynamik sind. Das erklärt das besondere Wachstumspotenzial der optischen Technologien«, betont Dr. Michael Kaschke, Vorsitzender des Vorstands von SPECTARIS. Wenn deutsche Firmen auch künftig von diesem Wachstum profitieren wollen, muss weiter konsequent in Forschung und Entwicklung investiert werden. Nur dann können die Unternehmen auch in Zukunft innovative Produkte entwickeln und sich erfolgreich auf dem Weltmarkt behaupten.
Birgit Niesing