Report 2010

Lasertechnik

Berlin-Brandenburg

TSB

WONDERFULLY BALANCED

Laser diodes – precise and powerful

eagleyard manufactures laser diodes between 650 nm and 1,120 nm. An enhanced generation of tapered amplifiers at 780 nm and 850 nm is now available. Those compact and efficient semiconductor lasers achieve both excellent beam profile and highest output power up to 2 Watt.

eagleyard Photonics, headquartered in Europe's leading technology park in Berlin, Germany, is a fast growing and innovative player. From high power laser diode design to high volume production, eagleyard supports you every step of the way.

www.eagleyard.com

eagleyard PHOTONICS

We focus on power.

Report 2010

Lasertechnik

Berlin-Brandenburg

Titelbild: Diodenlasermodul aus dem Ferdinand-Braun-Institut, das die Wellenlänge mittels Frequenzkonversion vom infraroten in den sichtbaren Spektralbereich umwandelt
Quelle: Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik © FBH/schurian.com

ISBN: 3-9808145-6-4

Dieses Vorhaben/Projekt der TSB Innovationsagentur Berlin GmbH wird aus Mitteln der Investitionsbank Berlin gefördert, kofinanziert von der Europäischen Union – Europäischer Fonds für Regionale Entwicklung.

Investition in Ihre Zukunft!

Inhaltsübersicht

1 Einleitung ... 6
1.1 Grußwort ... 6
1.2 Editorial ... 7

2 Markt- und Branchenanalyse ... 8

3 Analyse der Vernetzung im Handlungsfeld Lasertechnik ... 16

4 Historie ... 20

5 Experteninterview ... 24

6 Lasertechnik in Wissenschaft und Industrie ... 29
6.1 Grundlagen und Anwendungen in der Forschung ... 30
6.2 Hersteller und Zulieferer ... 34
6.3 Materialbearbeitung ... 38
6.4 Messtechnik und Analytik ... 44
6.5 Medizin und Biotechnologie ... 48
6.6 Informations- und Kommunikationstechnologie ... 52
6.7 Umwelt und Energie ... 55

7 Branchenplattformen ... 58
7.1 Netzwerke und Transfereinrichtungen ... 58
7.2 Laser Optics Berlin ... 60

8 Literatur ... 62

9 Impressum ... 64

Anhang: CD-ROM
Kontaktdaten und Profile von Unternehmen und Forschungseinrichtungen
Lasertechnik-Report als PDF

Harald Wolf
Bürgermeister und Senator für Wirtschaft,
Technologie und Frauen des Landes Berlin

1.1 Grußwort

Die Lasertechnik gehört aufgrund ihres breiten Anwendungsspektrums in Wissenschaft und Industrie zu den wichtigsten Handlungsfeldern im Zukunftsfeld Optische Technologien und Mikrosystemtechnik (OT-MST). Die Unternehmen dieses Industriezweiges sind oft in Nischen Marktführer – eine Stärke des Industriestandortes Berlin-Brandenburg.

Der vorliegende Report der Lasertechnik gibt einen Überblick über die Branche und rückt zugleich das enorme Potenzial in den Vordergrund, über das Berlin und Brandenburg auf diesem Technologiefeld verfügen. Durch die Zusammenarbeit der exzellenten Berliner Forschungseinrichtungen mit innovativen Unternehmen entstehen Wachstum und qualifizierte Arbeitsplätze. Die Wirtschaftsregion Berlin-Brandenburg ist in unserer wissensbasierten Industriegesellschaft nicht zuletzt dank der Lasertechnik gut aufgestellt.

Trotz Wirtschafts- und Finanzkrise erzielen Optische Technologien und Mikrosystemtechnik überdurchschnittliche Wachstumszahlen. Auch andere Zukunftsfelder der Region profitieren von dieser positiven Entwicklung, da beide als Querschnittstechnologien in nahezu allen Anwendungsbereichen zu finden sind.

Die enge Vernetzung von Unternehmen und Forschungseinrichtungen zahlt sich aus. Viele Unternehmen wurden bisher aus Forschungseinrichtungen, wie beispielsweise dem Ferdinand-Braun-Institut, ausgegründet, sind nun selbständig und sehr erfolgreich in der OT-MST-Branche tätig. Sie schaffen neue Arbeitsplätze und stärken den ausgezeichneten Ruf der Hauptstadtregion als Wirtschafts- und Innovationsstandort.

Die Optischen Technologien und die Mikrosystemtechnik wachsen weiter in Berlin und Brandenburg. Diese hohe Dichte der Branchenakteure ist eine ideale Voraussetzung für einen wechselseitigen Transfer von Know-how zwischen Wissenschaft und Industrie.

Harald Wolf

Dr. Adolf M. Kopp
Geschäftsführer
TSB Innovationsagentur
Berlin GmbH (l.)

Prof. Dr. Eberhard Stens
Bereichsleiter
Optische Technologien –
Mikrosystemtechnik
TSB Innovationsagentur
Berlin GmbH (r.)

Editorial

1.2

Im Jahr 1960 versprach eine Technologie die Welt zu verändern. Man sagte, sie werde bald Augen heilen, Signale übertragen, Werkstücke bearbeiten, Verschmutzungen in der Atmosphäre messen oder gar Kernfusionen zünden. In den 1960er Jahren galt die Fertigstellung des ersten Lasers als größte Entwicklung der Festkörperphysik seit dem Transistor und ebnete den Weg für eine Milliarden-Industrie.

Viele jener Visionen von damals sind heute Realität. Die Lasertechnik ist eine Schlüsseltechnologie, die sich in zahlreichen Industriezweigen etabliert hat und sich in Berlin-Brandenburg außerordentlich gut entwickelt.

Innerhalb des Kompetenzfeldes Optische Technologien – Mikrosystemtechnik nimmt sie eine wichtige Stellung als strategisches Handlungsfeld ein und leistet einen bedeutenden Anteil zur nachhaltigen Entwicklung des Industriestandortes Berlin-Brandenburg.

Der Schlüssel zum Erfolg der Region ist die ausgeprägte Forschungslandschaft mit ihrer engen Anbindung zur ansässigen Industrie. In den letzten Jahren hat sich eine Vielzahl von Netzwerkstrukturen in der Hauptstadtregion gebildet, die Unternehmen und Forschungseinrichtungen den Zugang zu Ressourcen wie Wissen oder Kapital, sowohl auf lokaler als auch internationaler Ebene, gewährleisten soll.

Der vorliegende Handlungsfeldreport „Lasertechnik in Berlin-Brandenburg“ ist Bestandteil des strategischen Entwicklungsprozesses und wird erstmals eine quantitative wie qualitative Übersicht über die Branche in der Hauptstadtregion geben und einen Beitrag zu mehr Transparenz nach innen wie außen leisten.

Dr. Adolf M. Kopp

Prof. Dr. Eberhard Stens

Quelle: Heike Rusch

Gerrit Rössler

2.0

Markt- und Branchenanalyse

Das Berlin-Brandenburger Handlungsfeld Lasertechnik in Zahlen

Die beiden nachfolgenden Kapitel geben einen Überblick zur Branchenstruktur und zur wirtschaftlichen Entwicklung der Lasertechnik in Berlin-Brandenburg. Grundlage bilden hier im Wesentlichen eigene Erhebungen der TSB Innovationsagentur Berlin GmbH aus dem Jahr 2010.

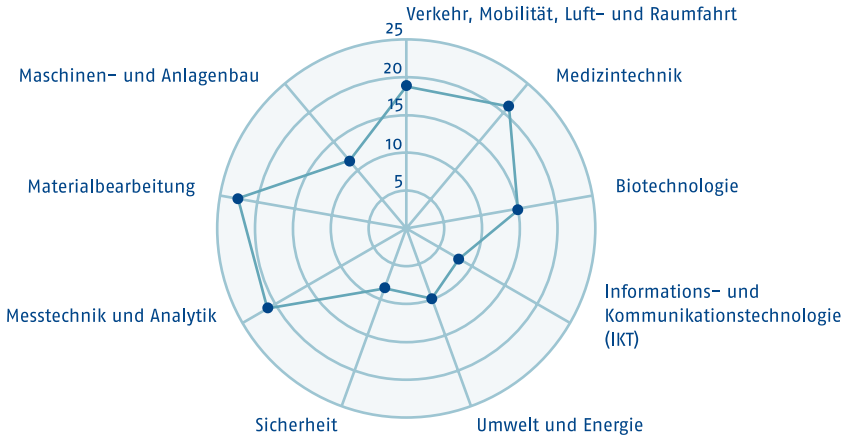
Methodik der Datenerhebung

Die Berechnungen des folgenden Kapitels basieren vor allem auf der Erhebung von Umsatz- und Beschäftigtenzahlen aus kommerziellen Datenbanken, da amtliche Statistiken Kleinbetriebe nur unzureichend erfassen und die Klassifizierung der Wirtschaftszweige für die hier untersuchte Branche nicht anwendbar ist. Die Primärquelle bildet die vom Bureau van Dijk Electronic Publishing mit dem Verband der Vereine der Creditreform geführte MARKUS-Datenbank, welche Struktur-, Finanz- und Beteiligungsdaten zu 1.2 Mio. handelsregisterlich erfassten Unternehmen beinhaltet.
Datenlücken wurden soweit wie möglich durch Primärdaten aus Einzelbefragungen ergänzt.
Sofern keinerlei Daten erhoben werden konnten wurde ein Nullwachstum unterstellt, weshalb die hier dargestellten Wachstumsraten tendenziell eher unter den tatsächlichen Werten liegen.
Die Branchenzahlen umfassen ausschließlich Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes, Dienstleistungs- und Handelsunternehmen sind nicht berücksichtigt. Bei überregional tätigen Unternehmen mit mehreren Standorten wurden nur die Beschäftigten in Berlin-Brandenburg und deren Wertschöpfung in die Berechnungen einbezogen.
Im Januar 2010 hat die TSB Innovationsagentur Berlin eine standardisierte Befragung unter 61 Unternehmen der Lasertechnik in Berlin-Brandenburg durchgeführt, an welcher sich 31 Unternehmen beteiligt haben, was einer Rücklaufquote von 51% entspricht. Nominell repräsentieren diese 31 Unternehmen 49% der Branche, stellen aber 54% der Beschäftigten und 72% des Umsatzes der Gesamtbranche.
Die Auswertung der Befragung liefert Primärdaten zu Investitions- und Exportanteilen sowie Einschätzungen zur zukünftigen Entwicklung der Unternehmen sowie der Bedeutung einzelner Absatz- und Beschaffungsmärkte.

Branchenstruktur

Insgesamt konnten in Berlin-Brandenburg 64 Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes der Lasertechnik zugeordnet werden, wobei 12 Unternehmen selbst Laser herstellen. Die übrigen Firmen sind in vor- oder nachgelagerten Stufen der Wertschöpfungskette aktiv, mehrheitlich Zulieferer von Komponenten oder Systementwickler. Der Anteil der kleinen und mittleren Unternehmen mit weniger als 250 Mitarbeitern liegt bei 97%. 94% haben weniger als 50 Beschäftigte und zählen somit zu den Kleinunternehmen.
Die meisten der Befragungsteilnehmer haben sich den Anwendungsgebieten Materialbearbeitung sowie Messtechnik & Analytik zugeordnet. Ebenfalls sehr stark vertreten sind die Bereiche Medizintechnik, Biotechnologie sowie Verkehr & Mobilität, was die Bedeutung der Lasertechnik als Querschnittstechnologie für die Berlin-Brandenburger Zukunftsfelder unterstreicht (vgl. Abb. 1).

Anwendungsgebiete der Lasertechnikunternehmen in Berlin-Brandenburg



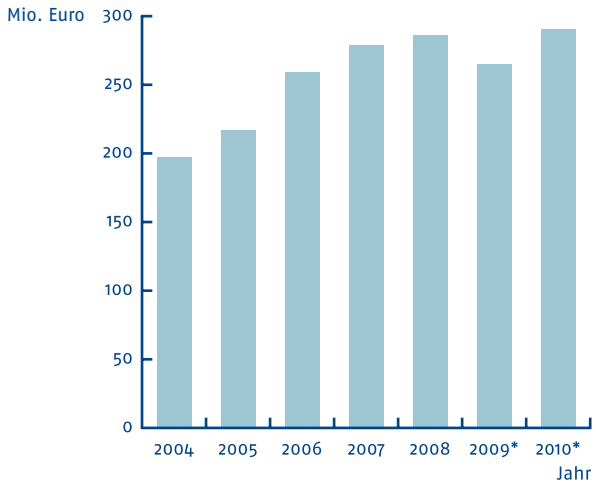
Quelle: TSB Innovationsagentur Berlin GmbH

Abbildung 1

Entwicklung von Umsatz und Beschäftigung

Der Umsatz der Berlin-Brandenburger Unternehmen stieg von 197 Mio. Euro im Jahr 2004 auf 285 Mio. Euro im Jahr 2008 (vgl. Abb. 2). Das größte Jahreswachstum konnte die Branche von 2005 auf 2006 mit 19,9% verbuchen (04/05: 9,6%; 06/07: 7,7%). Im Zuge der sich anbahnenden Finanz- und Wirtschaftskrise sank die jährliche Wachstumsrate 2008 dann auf 2,2%. Ausgehend von bereits veröffentlichtem Zahlenmaterial sowie Selbstauskünften zur erwarteten Umsatzentwicklung 2009 durch die Unternehmen, wird für das vergangene Jahr ein Umsatzrückgang von knapp 8% auf ca. 265 Mio. Euro prognostiziert, wobei die tatsächlichen Umsatzeinbußen tendenziell eher stärker ausfallen werden (siehe Methodik der Datenerhebung). Den Prognosen der Unternehmen im Rahmen der Befragung folgend wird sich die Branche aber schon 2010 wieder erholen und mit ca. 290 Mio. Euro das Ergebnis aus 2008 sogar übertreffen. Der Wert für 2010 beruht dabei

Umsatzentwicklung der Lasertechnik
in Berlin-Brandenburg



* Prognosen

Quelle: TSB Innovationsagentur Berlin GmbH

Abbildung 2

2.0

Legende für Boxplots

Maximum: Größter Datenwert des Datensatzes
Oberes Quartil: Die kleinsten 75% der Datenwerte sind kleiner oder gleich diesem Kennwert
Median: Die kleinsten 50% der Datenwerte sind kleiner oder gleich diesem Kennwert
Unteres Quartil: Die kleinsten 25% der Datenwerte sind kleiner oder gleich diesem Kennwert
Minimum: Kleinster Datenwert des Datensatzes

Prognose der Unternehmen zur Umsatzentwicklung 2010 gemessen am Umsatz 2009

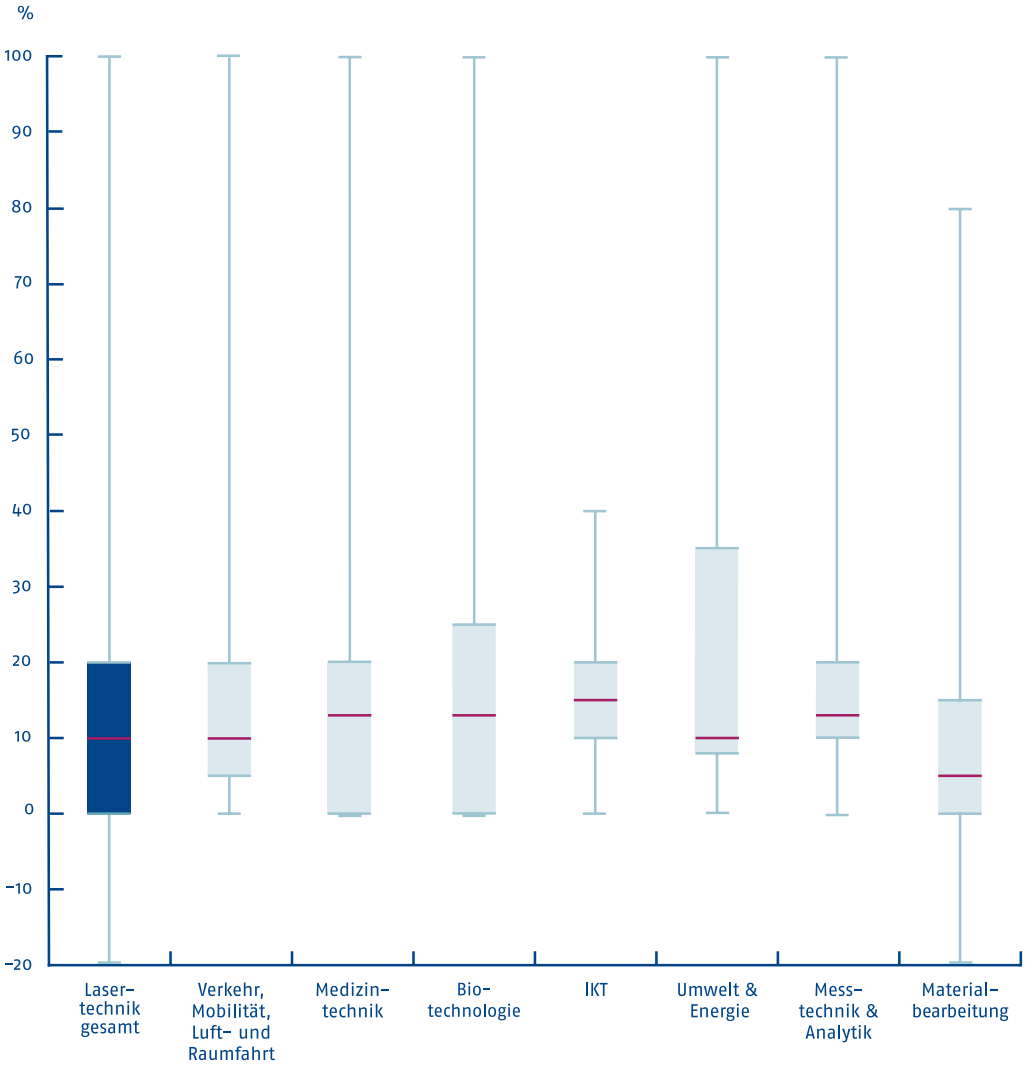
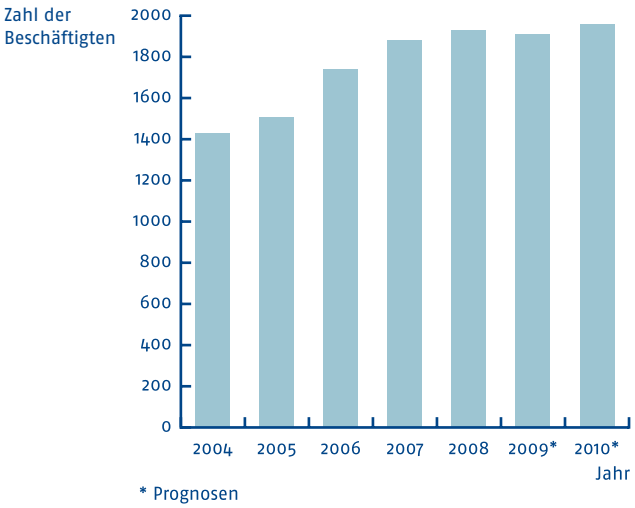


Abbildung 3 Quelle: TSB Innovationsagentur Berlin GmbH

2.0

auf Angaben der Unternehmen zum erwarteten prozentualen Wachstum, welcher dann als Grundlage für die Hochrechnung eines absoluten Zuwachses auf Basis der vorliegenden Umsatzzahlen dient.
Bei einer rein quantitativen Auswertung der Angaben zum geschätzten Wachstum 2010 liegt der Median für die Gesamtbranche bei 10% Umsatzwachstum (vgl. Abb. 3). Mit 15% liegt der Median bei den Anwendern der Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) an der Spitze, gefolgt von den Bereichen Medizintechnik, Biotechnologie sowie Messtechnik & Analytik mit jeweils 13%. Das Schlusslicht bildet die Materialbearbeitung mit 5%.
Ähnlich präsentiert sich die Entwicklung der Beschäftigungszahlen. Die Zahl der Beschäftigten in den Berlin-Brandenburger Unternehmen stieg von 1.430 im Jahr 2004 auf 1.930 im Jahr 2008 (vgl. Abb. 4). Auch hier erreichte das jährliche Wachstum 2006 mit 14,6% seinen Höhepunkt (04/05: 5,6%; 06/07: 8,7%; 07/08: 2,7%). Die Auswirkungen der einsetzenden Krise sind im Bereich der Beschäftigung weniger stark ausgeprägt. Für 2009 wird lediglich ein Rückgang um 1% auf 1.910 prognostiziert, wobei die Unternehmen für 2010 mit 1.960 Beschäftigten ebenfalls einen Sprung über das Niveau von 2008 erwarten.

Beschäftigungsentwicklung der Lasertechnik in Berlin-Brandenburg



* Prognosen

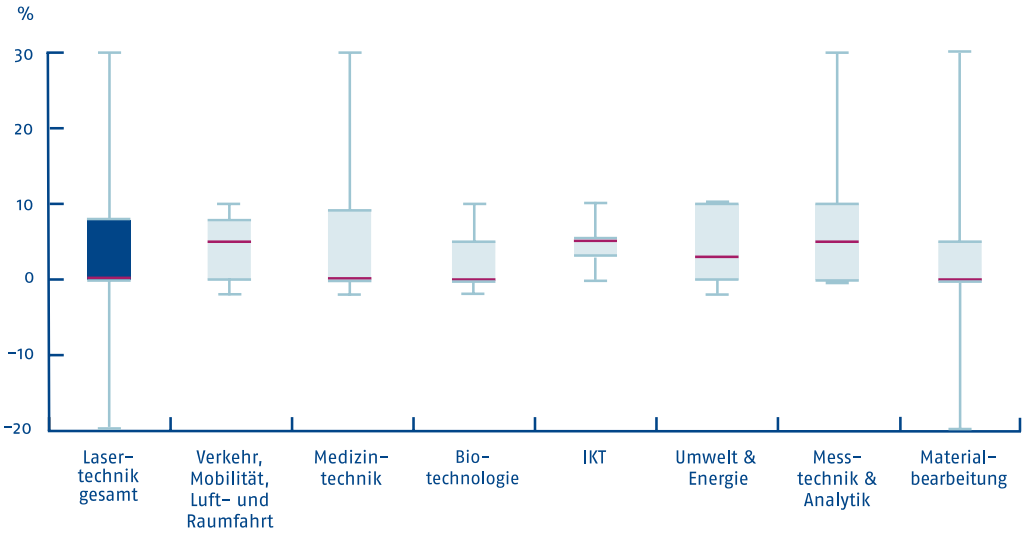
Quelle: TSB Innovationsagentur Berlin GmbH

Abbildung 4

2.0

Die Einschätzungen zur prozentualen Beschäftigungsentwicklung der Unternehmen präsentieren sich relativ homogen (vgl. Abb. 5 – ein Ausreißer mit einem erwarteten Zuwachs von 100% wurde in der Graphik nicht dargestellt). Die höchsten Werte zeigen IKT, Messtechnik & Analytik sowie Verkehr & Mobilität mit einem Durchschnittswert (Median) von jeweils 5%.
Der durchschnittliche Umsatz pro Mitarbeiter stieg von 138.000 Euro im Jahr 2004 auf 148.000 Euro im Jahr 2008.

Prognose der Unternehmen zur Beschäftigungsentwicklung 2010 gemessen an der Zahl der Beschäftigten 2009



Quelle: TSB Innovationsagentur Berlin GmbH

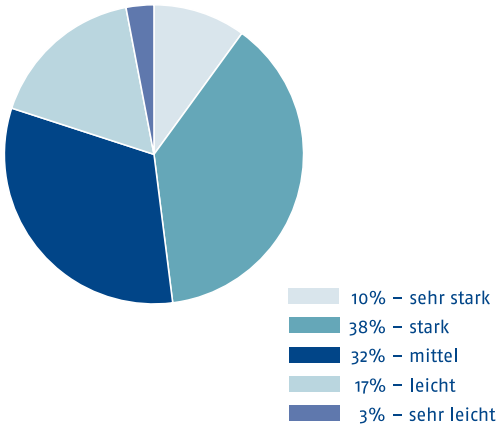
Abbildung 5

Auswirkungen der Finanz- und Wirtschaftskrise

Wie die Kennzahlen zu Umsatz- und Beschäftigungsentwicklung schon andeuten, ist die Finanz- und Wirtschaftskrise nicht spurlos an den Berlin-Brandenburger Unternehmen der Lasertechnik vorübergezogen. 48% der Befragungsteilnehmer haben die Auswirkungen auf ihr Unternehmen als „stark" oder „sehr stark" beschrieben (vgl. Abb. 6). Am schwersten ist der Anwendungsbereich Materialbearbeitung betroffen: 55% bewerten die Auswirkungen als „stark" oder „sehr stark". Die schwer von der Krise betroffenen Branchen wie der Maschinenbau oder die Automobilindustrie beeinflussen dabei die Auftragslage der Zulieferer aus vor-

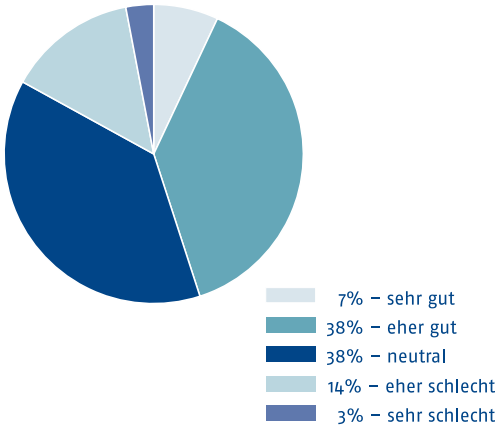
gelagerten Wertschöpfungsstufen wie der Lasertechnik massiv, was für die Zulieferer erhebliche Umsatzeinbrüche zur Folge hat.
Am wenigsten von der Krise betroffen waren Unternehmen im Anwendungsbereich Informations- und Kommunikationstechnologien. 50% sehen sich nur „leicht" oder „sehr leicht" getroffen.
Zum Zeitpunkt der Unternehmensbefragung zeichnet sich aber schon eine Erholung ab. Lediglich 17% bewerten ihre aktuelle Geschäftssituation negativ, 45% schätzen ihre Lage als „gut" oder „sehr gut" ein (vgl. Abb. 7). Die besten Aussichten haben die Bereiche Messtechnik & Analytik sowie Verkehr & Mobilität mit 58% bzw. 53% positiven Einschätzungen.

Auswirkungen der Finanz- und Wirtschaftskrise



Quelle: TSB Innovationsagentur Berlin GmbH

Einschätzung der aktuellen Geschäftssituation



Quelle: TSB Innovationsagentur Berlin GmbH

Abbildung 6 (l.)

Abbildung 7 (r.)

2.0

Investitions- und Exportquoten

Analog zu der hohen Wachstumserwartung bei Umsatz und Beschäftigung ist der Bereich IKT auch Spitzenreiter beim Anteil der Ausgaben für Forschung und Entwicklung (F&E) gemessen am Umsatz mit einem Median von 20% (vgl. Abb. 8). Ebenfalls zu den forschungsintensiven Anwendungsgebieten gehören die Bereiche Umwelt & Energie sowie Verkehr & Mobilität mit jeweils 18%. Den geringsten F&E-Aufwand betreiben die Unternehmen der Messtechnik & Analytik mit durchschnittlich 10%.
Insgesamt liegt die Lasertechnik in Berlin-Brandenburg bei 15% und somit weit über dem Durchschnitt anderer Industriezweige. Die Gesamtbranche Optische Technologien-Mikrosystemtechnik in Berlin-Brandenburg hat zum Vergleich eine F&E-Quote von 8% (vgl. TSB 2008a).

Anteil der Investitionen in Forschung & Entwicklung gemessen am Gesamtumsatz

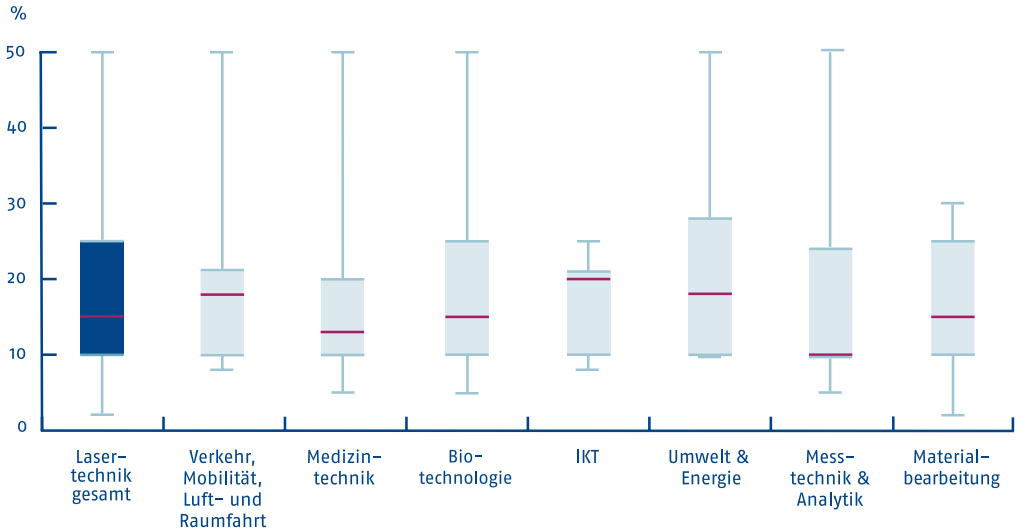
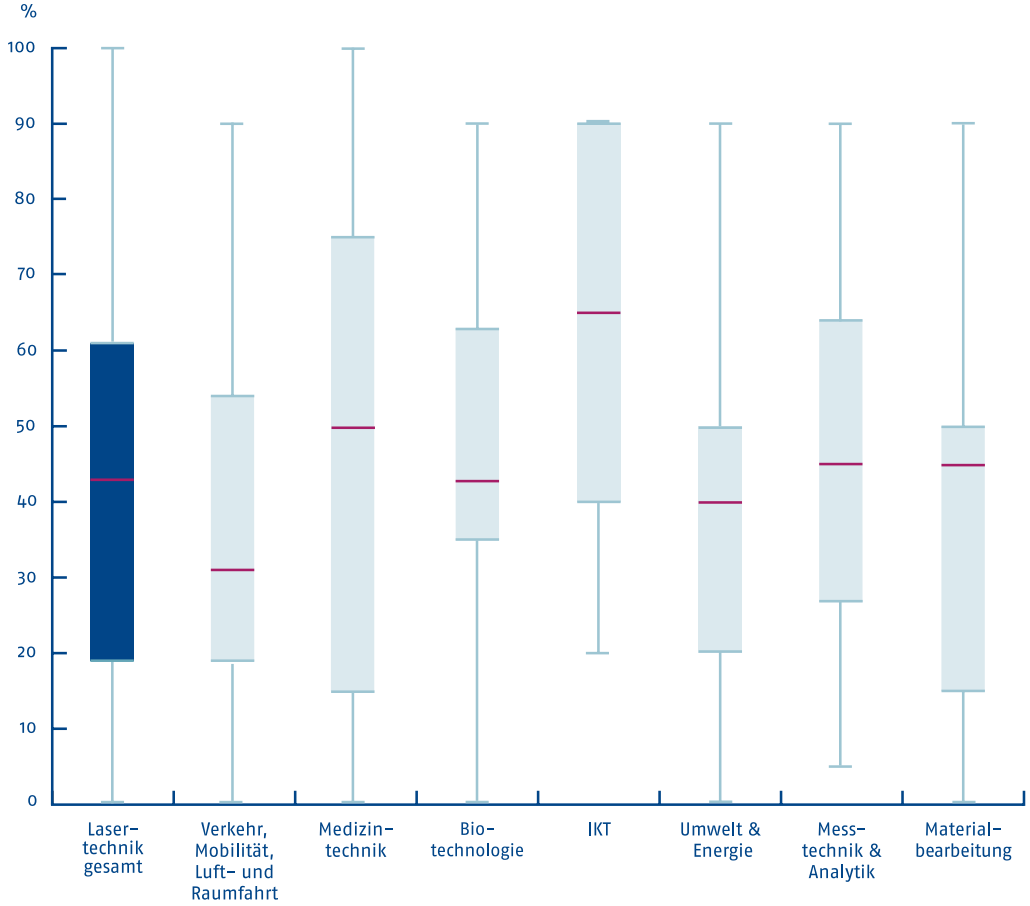


Abbildung 8 Quelle: TSB Innovationsagentur Berlin GmbH

Wenn man die Prozentangaben aus der Umfrage in Relation zu den Einzeldaten der Unternehmensumsätze setzt und auf die Gesamtbranche hochrechnet, ergibt sich ein jährliches Investitionsvolumen von ca. 38 Mio. Euro.
Die durchschnittliche Exportquote liegt bei 43%, wobei es Unternehmen gibt, die sowohl ausschließlich für den Exportmarkt als auch ausschließlich für den Binnenmarkt produzieren (vgl. Abb. 9). Die am stärksten exportorientierten Anwendungsgebiete sind IKT mit 65% und die Medizintechnik mit 50%. Die Bereiche Verkehr & Mobilität sowie Umwelt & Energie sind mit durchschnittlich 31% bzw. 40% eher am Binnenmarkt ausgerichtet, was u.a. dadurch erklärt werden kann, dass diese Bereiche in Berlin-Brandenburg mit zahlreichen Großunternehmen (OEMs) vertreten sind (vgl. TSB 2008b und TSB 2008c) und somit eine hohe Binnennachfrage in vorgelagerten Wertschöpfungsstufen wie z.B. der Lasertechnik generiert wird.

Exportanteil gemessen am Gesamtumsatz



Quelle: TSB Innovationsagentur Berlin GmbH

Abbildung 9

2.0

Absatz- und Beschaffungsmärkte

Abbildung 10 gibt einen Überblick zur Einschätzung geographischer Absatz- und Beschaffungsmärkte durch die Unternehmen. Die wichtigsten Absatzmärkte sind demnach das Bundesgebiet, Westeuropa und Asien, wobei insbesondere Asien, Westeuropa und auch Nordamerika zukünftig noch an Bedeutung zunehmen werden. Überraschend wirkt, dass die Unternehmen Asien primär als Absatzmarkt sehen und weniger als Beschaffungsmarkt billiger Komponenten, wie man zunächst vermuten könnte. Eher geringes Potential sehen die Unternehmen in Osteuropa, sowohl absatz- als auch beschaffungsseitig.
Die wichtigsten Beschaffungsmärkte sind im deutschsprachigen Raum zu finden: 86% attestieren Deutschland als Beschaffungsmarkt eine große Bedeutung, für Berlin-Brandenburg tun dies mit 48% fast die Hälfte der Unternehmen. Starke Veränderungen dieser Strukturen werden in den nächsten Jahren nicht erwartet, lediglich Asien trauen immerhin 26% eine größere zukünftige Bedeutung zu. Auffällig ist auch, dass sowohl in Berlin-Brandenburg als auch im gesamten Bundesgebiet die Bedeutung als Beschaffungsmarkt überwiegt. Gründe dafür lassen sich u.a. darin vermuten, dass insbesondere Zulieferbeziehungen im Hochtechnologiesektor aufgrund ihrer Komplexität innerhalb eines rechtlich und kulturell einheitlichen Systems leichter zu managen sind.

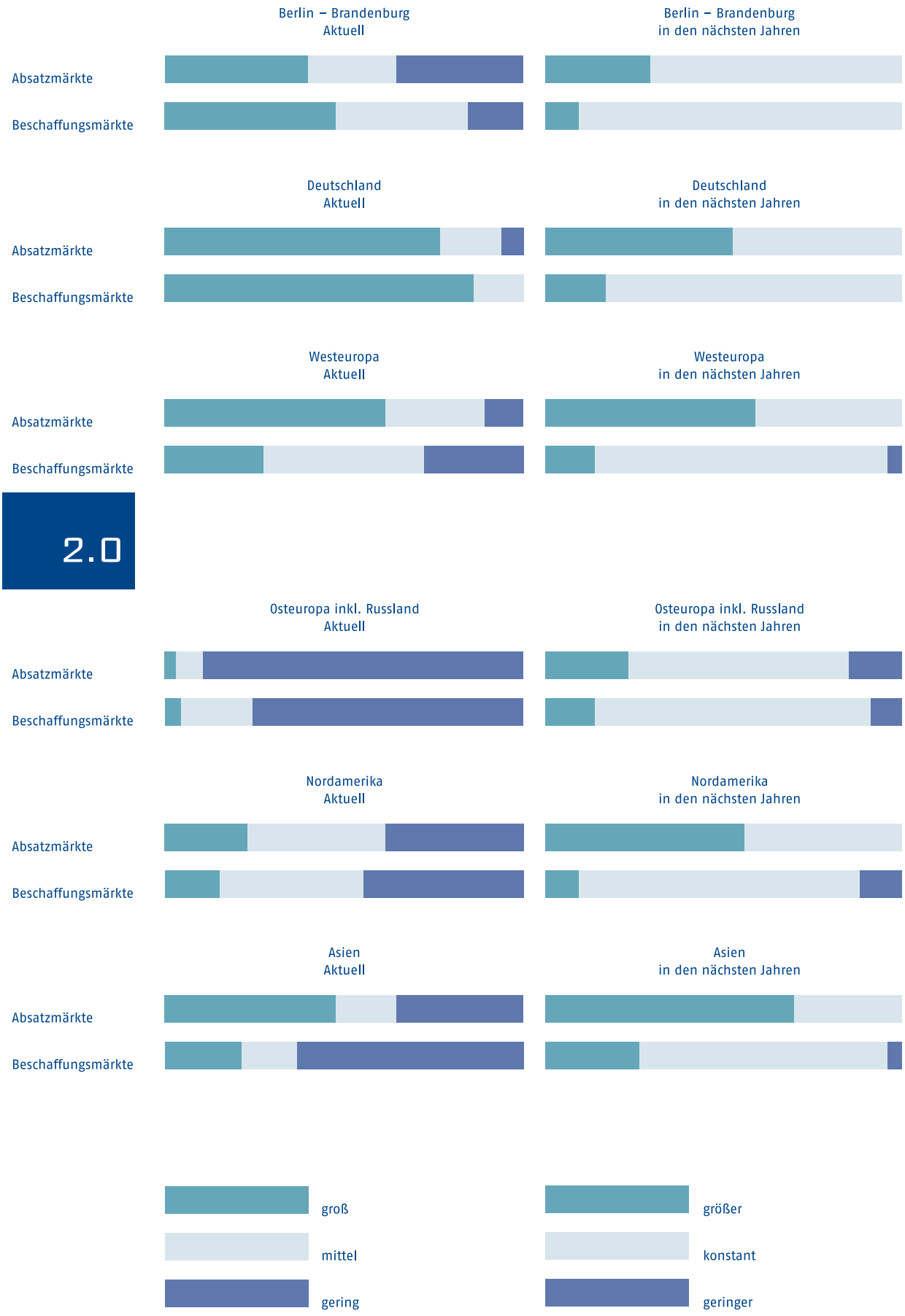
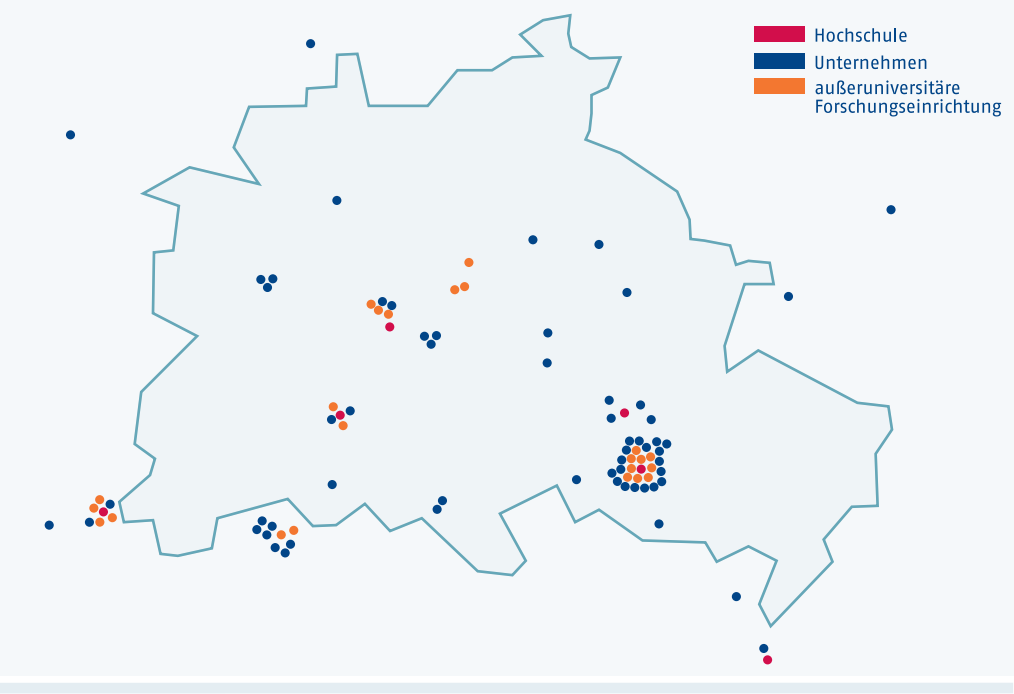


Abbildung 10 Bedeutung geographischer Absatz- und Beschaffungsmärkte

Besonders die Beziehungen von Unternehmen zu Hochschulen und Forschungseinrichtungen gehören dazu. Spezifische Forschungskompetenzen sind daher wichtige Faktoren für die Standortwahl eines Unternehmens. Kurze Wege erleichtern den Transfer von technologischem Know-how, was insbesondere für die Unternehmen in Berlin-Brandenburg ein großer Standortvorteil ist, da der Forschungssektor hier sehr stark ausgeprägt ist. Der Wissenschafts- und Technologiepark Berlin-Adlershof ist ein gutes Beispiel, aber auch Schöneweide, Dahlem/Zehlendorf, Charlottenburg, Teltow/Kleinmachnow und Potsdam gehören zu den bedeutendsten Standorten der Lasertechnik in Berlin-Brandenburg (vgl. Abb. 11).
Einen detaillierteren Überblick der Vernetzung regionaler Akteure der Lasertechnik liefert das folgende Kapitel.

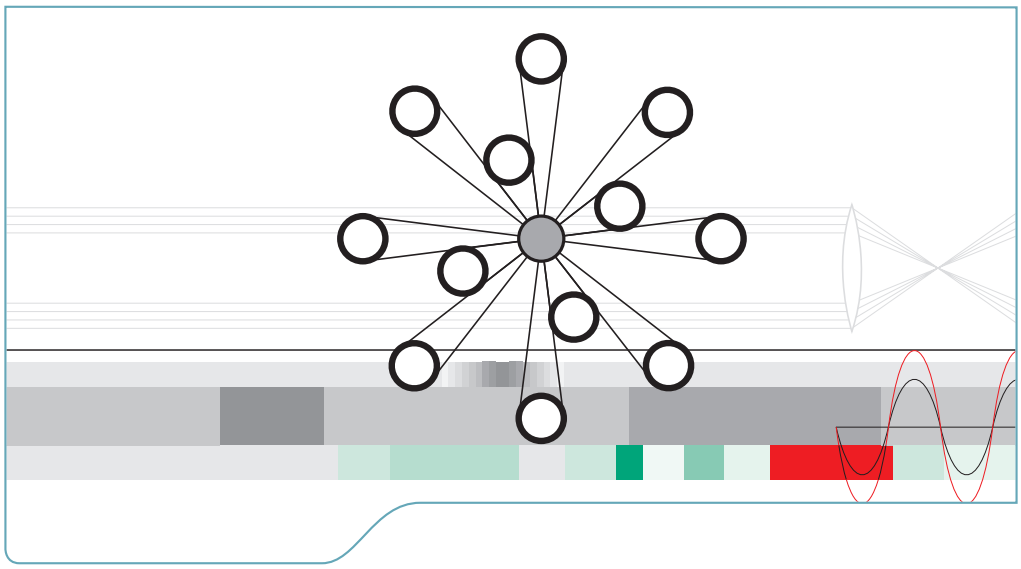
Forschungs- und Industriestandorte der Lasertechnik im Großraum Berlin.



Quelle: TSB Innovationsagentur Berlin GmbH

Abbildung 11

2.0



Quelle: Heike Rusch

Dr. Frank Lerch

3.0

Analyse der Vernetzung im Handlungsfeld Lasertechnik

Lasertechnik in Berlin-Brandenburg – Beziehungen, Wertschöpfung, Patente

Vernetzung ist nicht nur in aller Munde, sondern wird im Falle der Lasertechnik in Berlin und Brandenburg auch tatsächlich gelebt. Dabei bestehen Netzwerke zunächst ganz allgemein aus Knoten (bspw. Individuen, Organisationen oder Ereignissen) und Kanten wie etwa Wirkungen oder sozialen Beziehungen. Interessieren nicht nur die Strukturen eines (sozialen) Netzwerkes, sondern auch die Mechanismen der Organisation von Aktivitäten, stellen sich Fragen des Managements interorganisationaler Beziehungen und man spricht von der Governance von Netzwerken.

Gegenseitiger Austausch und Vernetzung haben in der Lasertechnik in Berlin eine lange Tradition. Schon vor über 90 Jahren, als die theoretische Basis für die Lasertechnik in Berlin gelegt wurde, aber auch, als die ersten Laser im geteilten Berlin gebaut wurden, spielte die Vernetzung relevanter Akteure eine entscheidende Rolle. Diese Tradition setzt sich bis heute fort und findet ihren Ausdruck in Initiativen wie OpTecBB, PhotonikBB oder dem Laserverbund ebenso wie in zahlreichen geschäftlichen Austauschbeziehungen, Forschungs- und Entwicklungsbeziehungen oder persönlichen Beziehungen.

In der Hauptstadtregion besteht somit ein relativ dichtes Netzwerk an Austausch- und Kooperationsbeziehungen zwischen den Akteuren der Lasertechnologie.

Die wichtigsten Kooperationspartner befinden sich nach einer Befragung der TSB Innovationsagentur Berlin Anfang 2010 zu etwas mehr als der Hälfte in der Region (ca. 53 %). Etwa ein Drittel der wichtigsten Kooperationspartner sind in der restlichen Bundesrepublik angesiedelt, wobei zahlreiche Verbindungen nach Thüringen, Baden-Württemberg und Bayern existieren. Die wichtigsten internationalen Kooperationspartner befinden sich in den USA, Korea, China und Japan. Damit ist die Berlin-Brandenburger Lasertechnik überregionaler und internationaler ausgerichtet als die Gesamtheit der Optischen Technologien in der Hauptstadtregion. Die starke Präsenz von Beziehungen zu wichtigen Kooperationspartnern in der Region ist jedoch auch ein Indiz für die Vorteilhaftigkeit kurzer Wege bei Transaktionen sowie im Innovationsprozess im regionalen Cluster der Optischen Technologien. Die regionalen Forschungseinrichtungen haben für viele Laserakteure eine besondere Bedeutung, da hier der Zugang zu strategisch bedeutsamem externem Wissen aufgrund der räumlichen, kulturellen und kognitiven Nähe besonders leicht möglich ist. Auch finden sich in der Region zahlreiche innovative Komponentenlieferanten, auf die wiederum Systemhersteller in der Region zurückgreifen können. Zu den als wichtig wahrgenommenen Kooperationspartnern im Bereich der Lasertechnik in Berlin zählen auf Seiten der Forschungseinrichtungen z. B. das Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut, das Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik und die Technische Universität Berlin sowie auf Seiten der Unternehmen bspw. eagleyard Photonics GmbH,

FiberTech GmbH, Jenoptik Diode Lab GmbH oder IBL Innovative Berlin Laser GmbH.

Im Beziehungsgeflecht der Laserakteure, das kürzlich von der TSB Innovationsagentur auf der Basis eines Fragebogens erhoben und von NRC Network Research & Consulting mit Hilfe von in der Netzwerkforschung üblichen Analyse- und Darstellungsmitteln, d.h. mit Hilfe von UCINET und NetDraw (zwei statistischen Softwaretools) analysiert und dargestellt wurde, lassen sich zunächst die Gesamtstruktur des Beziehungsnetzwerkes bewerten sowie zentrale und periphere Akteure unterscheiden. Abbildung 1 zeigt exemplarisch ein egozentriertes Netzwerk (die Abbildung ist anonymisiert und hat den Stand 03.03.2010). Die blauen Knoten repräsentieren Unternehmen, die orangefarbenen Knoten außeruniversitäre Forschungseinrichtungen und die roten Knoten Hochschulen. Die Größe der Knoten repräsentiert die Größe der Organisation am Standort Berlin-Brandenburg gemessen am Umsatz bzw. Budget. Die Stärke der Linien repräsentiert schließlich die Intensität der Beziehung zwischen zwei Akteuren, gemessen an der Häufigkeit der Kontakte zwischen den Organisationen.

Die Gesamtstruktur des Beziehungsnetzwerkes lässt eine umfassende Durchmischung von Unternehmen und Forschungseinrichtungen erkennen. Auffallend ist, dass sich die Kleinstunternehmen (Umsatz ≤ 2 Mio. Euro) eher in der Peripherie des Netzwerkes befinden. Auch die Beziehungen, die sie zu den anderen Netzwerkakteuren unterhalten, sind tendenziell weniger intensiv als bei den kleinen (Umsatz ≤ 10 Mio. Euro) und mittleren (Umsatz ≤ 50 Mio. Euro) Unternehmen oder den Forschungseinrichtungen.

Die Auswertung der verfügbaren Daten lässt Aussagen über die zentralen Akteure im Netzwerk zu. Zentrale Akteure werden meist als „wichtigste" Akteure in einem Netzwerk wahrgenommen. Mit Zentralität wird im Rahmen der vorliegenden Analyse Kontrolle über Informations- und Ressourcenflüsse assoziiert. Durch diese Kontrollmöglichkeiten verfügen zentrale Akteure über eine gewisse Macht im Netzwerk. Gleichzeitig bilden sie aber auch Verteilerstationen von Informationen, Wissen und Ressourcen im Netzwerk. Zu den zentralen Akteuren im Beziehungsgeflecht der Laserakteure in Berlin-Brandenburg zählen in Reihenfolge ihrer Bedeutung das Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik (FBH), Berliner Glas KGaA Herbert Kubatz GmbH & Co., Max-Born-Institut für Nichtlineare Optik und Kurzzeitspektroskopie (MBI), Photon AG, IBL Innovative Berlin Laser GmbH, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Laser- und Medizin-Technologie GmbH Berlin (LMTB), Fachhochschule Brandenburg, Technische Universität Berlin, Frank Optic Products GmbH, Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik-Heinrich-Hertz-Institut (HHI), Newport Spectra-Physics GmbH, eagleyard Photonics GmbH, Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration (IZM), Technische Fachhochschule Wildau und Jenoptik Diode Lab GmbH.

Bei regionalen Clustern und Netzwerken geht man oft davon aus, dass Unternehmen voneinander Vorprodukte beziehen und ihre Produkte und Dienstleistungen wiederum an in der Region ansässige Unternehmen weiterverkaufen – man spricht von einer Produktion entlang einer Wertschöpfungskette. Unabhängig von einer möglichen regionalen Einbettung lässt sich die Wertschöpfungskette der Lasertechnologie in Input-Materialien, Komponenten, Systeme und Produkte aufgliedern (vgl. Abbildung 2). Die Wertschöpfungskette findet ihren Anfang in aus

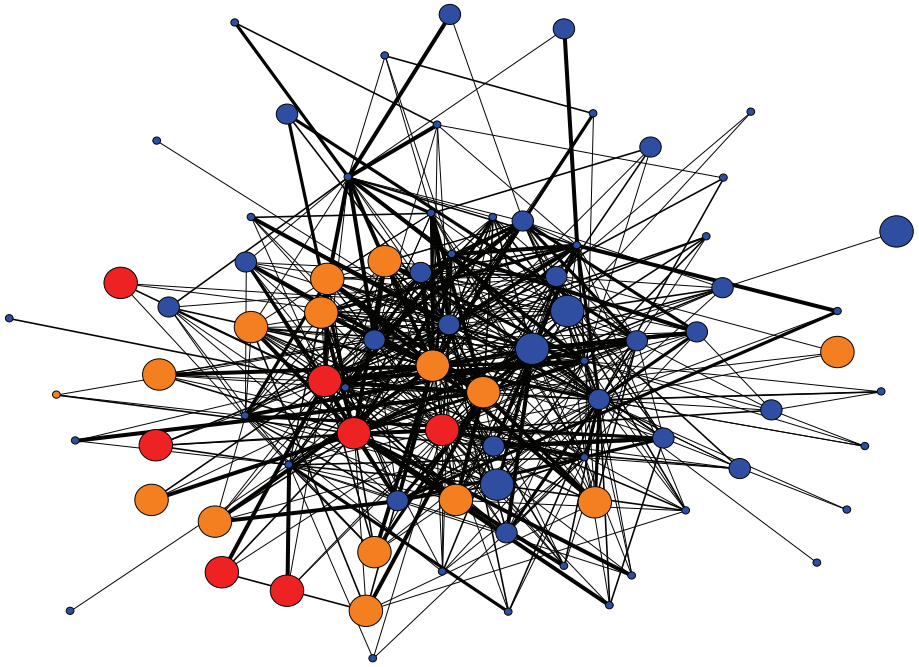


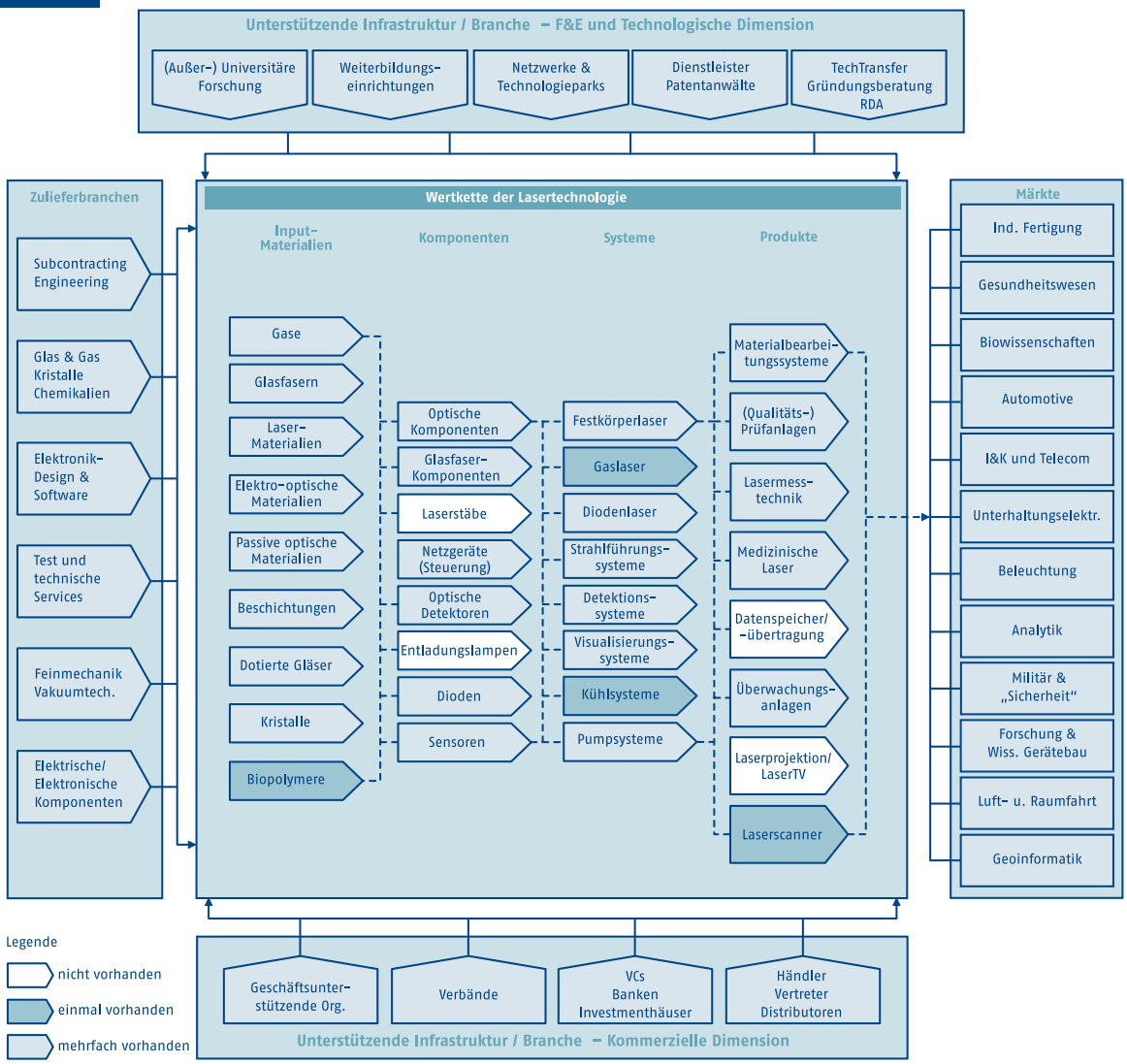
Abbildung 1
Beziehungsgeflecht der Laserakteure in Berlin-Brandenburg
Quelle: TSB Innovationsagentur Berlin GmbH

angrenzenden Branchen zugelieferten Vorprodukten und Dienstleistungen. Zu den Inputmaterialien sind z. B. Gase, Glasfasern, Beschichtungen oder Kristalle zu zählen. Auf der nächsten Stufe der Wertschöpfungskette befinden sich Komponenten wie z. B. optische Komponenten, Glasfaserkomponenten, Laserstäbe usw. Diese Komponenten werden zu Systemen wie Festkörper-, Gas- oder Diodenlaser oder auch zu Strahlführungssystemen integriert. Derartige Systeme werden z.T. mit anderen Systemen kombiniert und zu Endprodukten wie Lasermaterialbearbeitungsmaschinen, Qualitätsprüfanlagen oder medizinischen Lasern weiterverarbeitet. Diese wiederum werden Kunden auf vielfältigen Märkten (z. B. industrielle Fertigung, Forschung, Gesundheitswesen, Telekommunikation oder Geoinformatik) angeboten. Typischerweise sind die Wertschöpfungskettenstufen und die gesamten Wertschöpfungsketten zudem in eine unterstützende Infrastruktur in der technologischen (z. B. Weiterbildungseinrichtungen, (außer-)universitäre Forschungseinrichtungen oder Dienstleister wie Patentanwälte oder Technologieparks) und kommerziellen (z. B. Verbände, Investment Community, bereitstehende Händler und Distributoren) Dimension eingebettet.

Betrachtet man die Wertschöpfungsstufen, die in der Region Berlin-Brandenburg vertreten sind, so ist festzustellen, dass fast alle Stufen einer idealtypischen Laserwertschöpfungskette in der Region Berlin-Brandenburg durch zumindest ein, oft auch durch zwei oder mehr Organisationen, vertreten sind (vgl. Abbildung 2). Die Wahrscheinlichkeit für komplette miteinander verbundene Wertschöpfungsketten in einer bestimmten Region ist im Hochtechnologiebereich jedoch sehr gering, da die Hersteller von State-of-the-Art Komponenten, Systemen und Produkten einerseits Vorprodukte von spezialisierten Zulieferern kaufen, von denen es oft auf der Welt nur wenige oder gar nur einen gibt und andererseits die Komponenten, Systeme und Produkte wiederum an Kunden in aller Welt weiterverkaufen. Somit kommt es zwar auch im Bereich der Lasertechnik in Berlin und Brandenburg zu Zu-

Abbildung 2
In Berlin-Brandenburg präsente Stufen der Laser-Wertschöpfungskette
Quelle: TSB Innovationsagentur Berlin GmbH

3.0



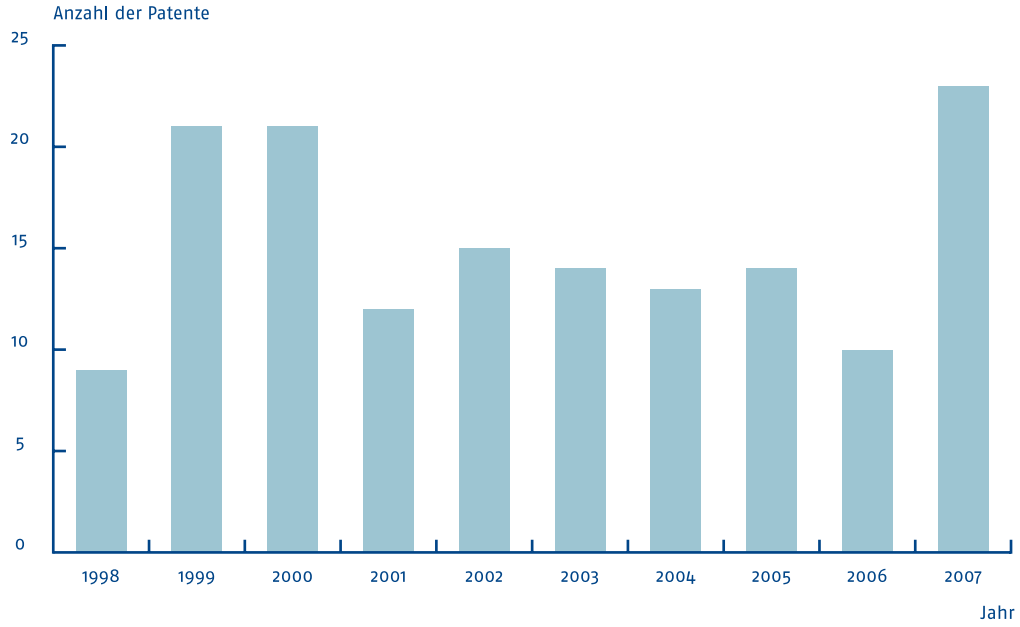
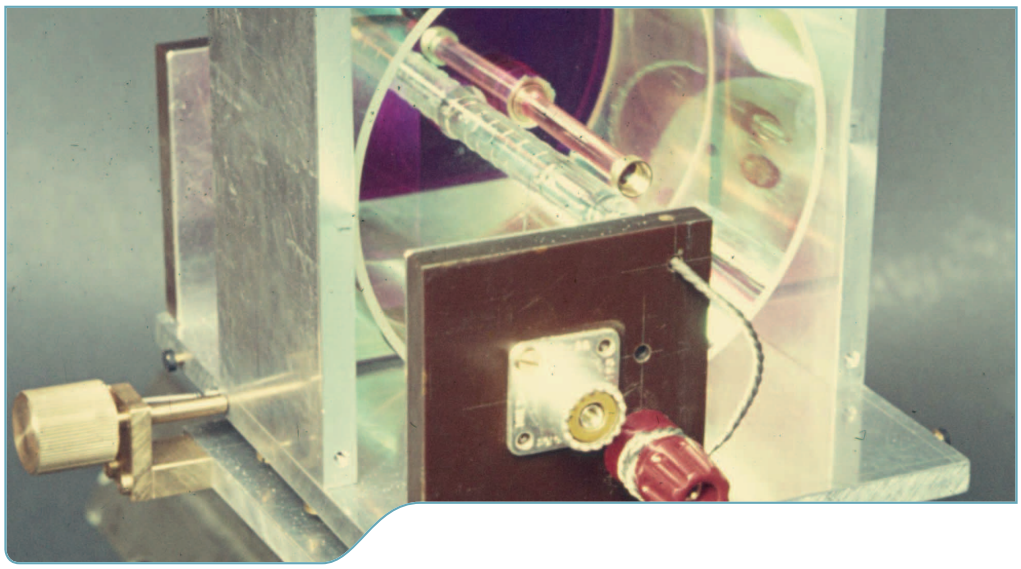


Abbildung 3
Erfolgreich angemeldete Patente der Laser-Unternehmen in Berlin-Brandenburg
Quelle: TSB Innovationsagentur Berlin GmbH

liefer- und Abnehmerbeziehungen, aber ob tatsächlich vollständige Wertschöpfungsketten in der Region existieren, ließ sich nicht abschließend klären.
Abbildung 2 legt jedoch auch nahe, dass die meisten Stufen der Laserwertschöpfungskette in Berlin-Brandenburg mit mehr als einem Unternehmen vertreten sind. Insbesondere im Bereich der Inputmaterialien und Komponenten sind viele Unternehmen auf den einzelnen Stufen präsent. So werden etwa von Lumics GmbH Pumplaserchips, von Crystal GmbH diffusionsgeschweißte Kristallkomponenten, von FiberTech GmbH Quarz-Multimode-Fasern, Spezialfasern und Beschichtungen oder von Frank Optic Products GmbH faseroptische Komponenten angeboten (um nur einige wenige zu nennen). Berliner und Brandenburger Laserunternehmen integrieren ferner die z.T. in der Region beschafften Komponenten zu Systemen. Gas- bzw. Festkörperlaser werden in der Region z. B. von Unternehmen wie LTB Lasertechnik Berlin GmbH oder IBL Innovative Berlin Laser GmbH hergestellt. Gleichzeitig existieren Hersteller, die ihre Produkte als OEM- bzw. turn-key-Lösungen anbieten – so z. B. im Bereich der Lasermaterialbearbeitung Compact Laser Solutions GmbH oder Laser-Mikrotechnologie Dr. Kieburg GmbH und z. B. im Bereich der laseroptischen Analytiksysteme die Secopta GmbH. Einschränkend ist zu konstatieren, dass allerdings keine großen Systemintegratoren und Massenproduzenten von Lasersystemen in der Region ansässig sind. Vielmehr haben sich viele Hersteller auf Nischen spezialisiert, sind hier jedoch oft Weltmarktführer.
Um diesem hohen Anspruch auch weiterhin gerecht zu werden, reinvestieren die Unternehmen teils erhebliche Anteile des Gesamtumsatzes in Forschung und Entwicklung und unterhalten zumeist intensive Kontakte zu (regionalen) Forschungseinrichtungen. Als ein Indikator der Forschungsintensität und Innovativität von Unternehmen kann die Anmeldung von Patenten herangezogen werden. Analysiert man die Patentanmeldungen der Berliner und Brandenburger Laserunternehmen im Zeitraum 1998 bis 2007, so ergibt sich ein ambivalentes Bild (vgl. Abbildung 3). Wenngleich viele Unternehmen mit Forschungseinrichtungen bei Innovationen zusammenarbeiten, so patentieren sie in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle als alleiniger Anmelder.
Im Vergleich zum restlichen Bundesgebiet wird in der Hauptstadtregion allgemein weniger patentiert. Dies spiegelt sich auch im Bereich der Optischen Technologien und in der Lasertechnik wieder. Differenziert man die Hauptstadtregion weiter regional, so konzentriert sich die Patentarbeit der Laserunternehmen eindeutig in Berlin. Der Verlauf der Patentanmeldungen zeigt (siehe noch einmal Abbildung 3), dass in den Jahren 1999 und 2000 relativ viele Patente angemeldet wurden. Bis 2006 wurden dann zunehmend weniger Patente angemeldet, wobei der Trend 2007 erfreulicherweise durchbrochen wurde.



Einfacher Rubin-Laser, Ende 1961 am I. Physikalischen Institut der TU Berlin
Quelle: TU Berlin

Dr. Frank Lerch

4.0

Historie

Die Historie der Laserentwicklung in Berlin

Im Jahr 2010 wird landauf landab das 50-jährige Jubiläum der Erfindung das Lasers im Jahr 1960 durch den Amerikaner Theodore H. Maiman gefeiert. Wesentliche theoretische und experimentelle Grundbausteine für die rasante Entwicklung der Lasertechnologie wurden jedoch viel früher, und zwar in Berlin, gelegt.

Nachdem es Max Planck und Walter Nernst 1914 gelungen war, Albert Einstein als hauptamtlich besoldetes Mitglied für die Preußische Akademie der Wissenschaften in Berlin zu gewinnen, wo er 1917 auch die Leitung des neuen Kaiser-Wilhelm-Instituts für Physik übertragen bekam, konnte Einstein 1915 die Allgemeine Relativitätstheorie vollenden. Ein Jahr später postulierte er in seinem Aufsatz „Zur Quantentheorie der Strahlung" die Theorie der Absorption und stimulierten Emission von Lichtquanten. Hiernach konnten bestimmte Materialien so durch Licht bestrahlt werden, dass sie bedingt durch den Energieaustausch selbst Licht emittieren. Er bezeichnete diesen Prozess als „Zustandsänderung durch Einstrahlung" und formulierte damit die theoretische Grundlage der modernen Laser-Technik.

Einsteins 70. Geburtstag am 14.3.1949, v. l.: Robertsen, Wigner, Weyl, Einstein, Ladenburg, Oppenheimer, Clemence
Quelle: Archiv der Max-Planck-Gesellschaft, Berlin-Dahlem

Weniger bekannt ist, dass auch der experimentelle Nachweis der stimulierten Emission zuerst in Berlin gelang. Hiermit ist der Name Rudolph Ladenburg verbunden. Er hatte 1906 bei Röntgen promoviert und sich 1909 in Breslau am dort angesiedelten Physikalischen Institut habilitiert. Ab 1921 leitete er die von ihm gegründete Schallmessabteilung der Artillerie-Prüfungskommission in Berlin in der auch Max Born arbeitete (Gönner, 2005). 1924 übernahm Ladenburg dann die Abteilung für Atomphysik am Kaiser-Wilhelm-Institut für Physikalische Chemie und Elektrochemie (seit 1948: Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft) in Berlin-Dahlem. Hier gelang Ladenburg und Hans Kopfermann 1928 an Linien des elektrisch angeregten Neons die erste einwandfreie Beobachtung der negativen Dispersion (Verstärkung von Licht) und damit der experimentelle Nachweis der, von Einstein vorhergesagten, stimulierten Emission (Minkowski, 1929; Kopfermann, 1952). Hätte Kopfermann die Gasentladung zwischen zwei hoch reflektierende Spiegel gehalten, so kann spekuliert werden, dass er wahrscheinlich bereits 1930 einen HeNe-Laser gehabt hätte.

Bedingt durch die Machtergreifung der Nationalsozialisten, die damit verbundene Emigration bedeutender Physiker aus Berlin und Deutschland sowie

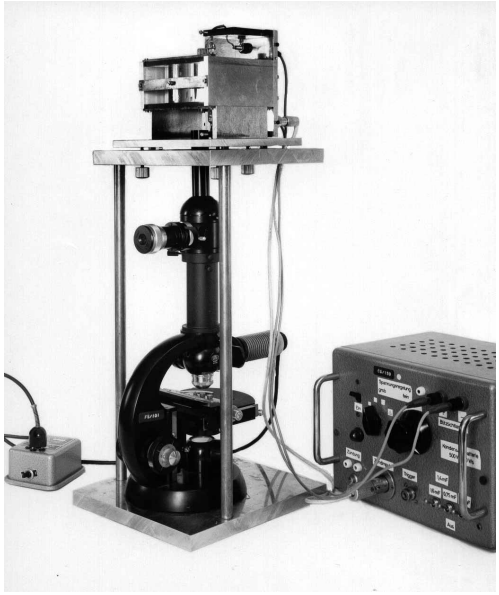
die kriegsbedingten Schäden kam die physikalische Forschung in Berlin fast zum Erliegen. Die weiteren technologischen Basisentwicklungen der Lasertechnologie erfolgten fortan in den USA und der UdSSR. Während 1955 Gordon, Zeiger und Townes von der New Yorker Columbia Universität zunächst Mikrowellenverstärkung (Maser) beim Durchlauf eines geeigneten Mediums demonstrieren konnten, arbeiteten 1958 Schawlow (Bell Labs) und Townes an der Übertragung dieser neuen Erkenntnisse auf den optischen Bereich. Jedoch gelang es Maiman von den Hughes Aircraft Laboratories 1960 zuerst, das Laserprinzip experimentell zu demonstrieren. Hierzu baute er einen blitzlampengepumpten Rubinlaser, der kohärente rote (694 nm) Strahlung lieferte.

In Berlin, zu jener Zeit durch den „Eisernen Vorgang" geteilt, wurde die Lasertechnologie nicht nur in zwei separaten Staaten, sondern auch in zwei zunehmend unterschiedlichen Wissenschafts- und Wirtschaftssystemen entwickelt. In Berlin-West bildete sich an der Technischen Universität Berlin am I. Physikalischen Institut die erste kleine Arbeitsgruppe junger Laserforscher in Deutschland. Professor Boersch, der zuvor bei der AEG an der Entwicklung der Elektronenmikroskopie – in Konkurrenz zur Siemens-Gruppe um Ernst Ruska – gearbeitet hatte, übernahm 1954 die Leitung des I. Physikalischen Instituts der TU Berlin. Als 1960 die ersten Laser entwickelt wurden, begann Boersch umgehend mit dem Aufbau einer Forschungsgruppe an seinem Institut. Um das Jahr 1960 befanden sich die beiden Doktoranden von Boersch, Horst Weber und Gerd Herziger, auf der Suche nach einem Thema für ihre Promotion und just zu diesem Zeitpunkt versprachen die neuen Entwicklungen in der Lasertechnologie ein vielversprechendes Forschungsfeld zu sein, denn schon sehr früh war vielen Forschern das immense Anwendungspotential bewusst. Ende 1961, Anfang 1962 konnten die beiden Doktoranden ihre ersten eigenen Festkörper- und Gaslaser realisieren. Eine zweite Gruppe gab es damals nur bei Siemens in München. Die Komponenten für den ersten Rubinlaser an der TU Berlin bestanden z.B. aus einer Blitzlampe von Osram, von Halle in Berlin gefertigten Spiegeln sowie aus Kristallen der Firma Djeva aus Monthey in der Schweiz. Die Rubine, die als Uhrensteine Verwendung fanden, waren eigentlich für den Bau eines Lasers nur sehr eingeschränkt geeignet. Die Spiegelbeschichtungen lieferte das II. Physikalische Institut der TU Berlin unter Professor Gobrecht zu.

Mit diesen ersten Lasern wurden dann zunächst Platin-Blenden für elektronenoptischen Strahlengänge von wenigen µm gebohrt und Professor Boersch erkannte, dass die Zukunft der Lasertechnologien in der Materialbearbeitung liegen würde.

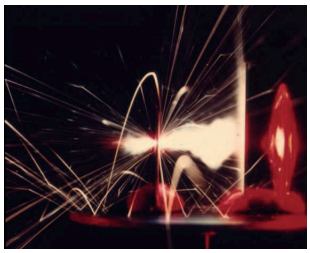
In den frühen Jahren der deutschen Laserforschung entwickelte sich das I. Physikalische Institut der TU Berlin schnell zum bundesdeutschen Zentrum der experimentellen Laserforschung (Albrecht, 1997). Ein erstes „Schaulaufen" fand auf der Hamburger Physikertagung 1963 statt. Hier beschäftigte sich erstmals eine eigene Sektion mit dem Thema Laser, wobei drei der vier Vorträge von Mitgliedern der Boersch-Gruppe gehalten wurden. In den folgenden Jahren waren Mitglieder der Forschungsgruppe auf den meisten deutschen Physiktagungen mit Vorträgen meist zu den Grundlagen der Festkörper- und Gaslaser vertreten. Arbeiten zu technischen Laseranwendungen und internationale Auftritte blieben die Ausnahme. Ersteres bedingt durch die Auffassung Boerschs, dass Industrieaufträge die Freiheit seiner Forschung beeinträchtigten – sicher eine Erkenntnis aus seinem früheren Engagement für AEG (vgl. Albrecht, 2001). Auf dem Gebiet der Laserforschung konnte die Gruppe an der TU Berlin zahlreiche Erfolge vorweisen, so die Entwicklung eines hochkonstanten Lasers, die Erzeugung sehr kurzer Laserpulse und die Entwicklung von Ionenlasern hoher Leistung (Niedrig, 1987). Folge hiervon war eine herausragende Stellung im bundesdeutschen Kontext. International gab sie allerdings nicht den Takt an. 1969 verließen Weber und Herziger die Gruppe, um an die Universität Bern zu wechseln und hier Industrieforschung zu betreiben. Joachim Eichler übernahm in den Folgejahren die Führung der Forschungsgruppe. Die Aktivitäten am Optischen Institut der TU Berlin konzentrierten sich in den Folgejahren vor allem auf messtechnische und medizinische Anwendungen des Lasers, später auf diodengepumpte Laser.

Während Weber 1988 nach Berlin an die TU Berlin zurückkehrte, übernahm Herziger 1984 den Aufbau und die Leitung des Fraunhofer-Instituts für Lasertechnik in Aachen.

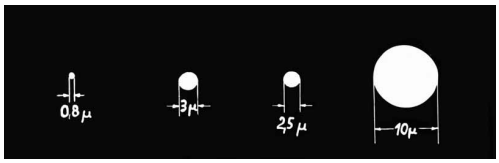


Aufbau zur Mikrobearbeitung, Rubin-Laser auf ein Zeiss-Mikroskop am I. Physikalischen Institut der TU Berlin
Quelle: TU Berlin

4.0



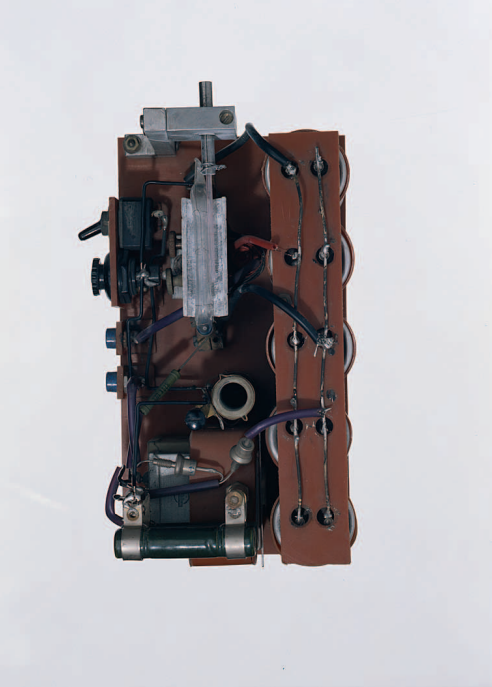
Herstellung von Blenden mit Mikrobohrungen mit dem Rubin-Laser am I. Physikalischen Institut der TU Berlin
Quelle: TU Berlin



Bohren einer Stahlplatte mit dem Rubin-Laser am I. Physikalischen Institut der TU Berlin
Quelle: TU Berlin

4.0

In der DDR begannen die ersten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zum Laser ebenfalls kurz nach der Veröffentlichung der Realisierung des Lasereffekts durch Maiman. Hierbei kamen dem Physikalischen Institut der Universität Jena in enger Anbindung an die Forschungsabteilung von Carl Zeiss Jena sowie dem Institut für Optik und Spektroskopie der Akademie der Wissenschaften der DDR in Berlin-Adlershof eine Schlüsselrolle zu. Paul Görlich – gleichzeitig Honorarprofessor in Jena, Forschungsdirektor von Zeiss sowie Mitdirektor des Instituts für Optik und Spektroskopie – avancierte zum Promotor der frühen Laserforschung und -entwicklung in der DDR. Er regte einen Wettbewerb um den ersten „sozialistischen Laser" zwischen den beiden Instituten an, den erstaunlicher Weise die Berliner mit knappem Vorsprung gewannen. Beachtenswert ist daran, dass der Berliner Forscher Kurt Lenz seinen ersten Rubinlaser, den er als Hilfsmittel für die Atmosphärenforschung entwickelte, fast im Alleingang anfertigte, während die universitäre Forschergruppe in Jena auf die umfassende Unterstützung durch den VEB Carl Zeiss Jena zählen konnte (vgl. Albrecht, 2001).

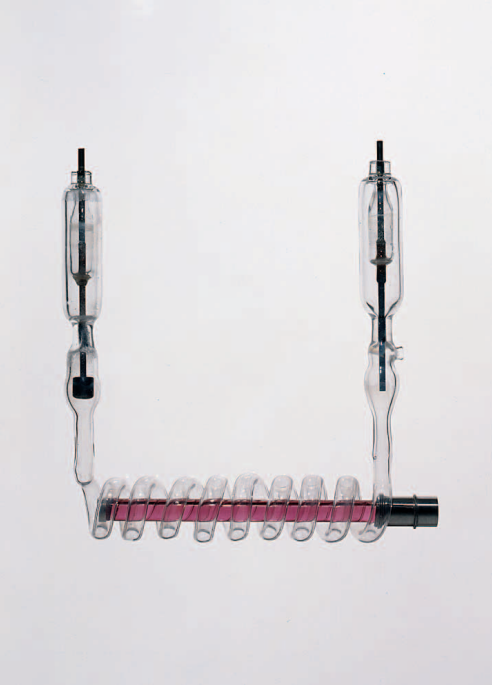


Kleiner Rubinlaser von Lenz 1965 (l.)

Blitzlampen mit Rubinstab für einen Laser von Kurt Lenz 1963 (r.)

Quelle: Deutsches Museum Bonn

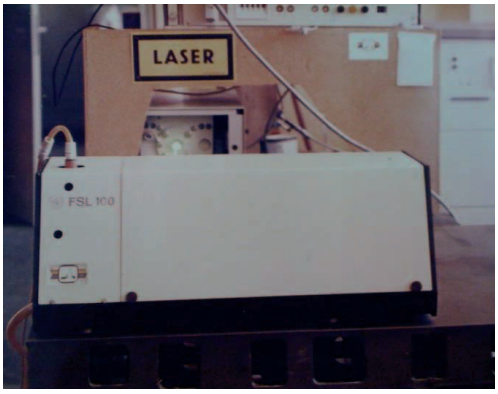
Lenz war durch Kollegen in Bulgarien 1961 erstmals auf Laser aufmerksam gemacht worden. Ausgestattet mit einer Kopie der Arbeit von Maiman, die er von einem bulgarischen Kollegen erhalten hatte, begann er mit der Arbeit unter schwierigen Bedingungen in relativer internationaler Isolation und unter westlichem Technologieembargo gegen die DDR. Dennoch konnten Rubine aus Bitterfeld gewonnen, Blitzlampen von der Firma Pressler in Leipzig beschafft sowie Phasenschieber-Kondensatoren auf eigenen Faust besorgt werden. Beim ersten erfolgreichen Versuch war die letzte Blitzlampe explodiert. Somit wurde die Erfolgsmeldung an Professor Ritschl mit der Bitte verbunden, neue Lampen zu beschaffen. Es wurde ein neuer Versuch angesetzt und eine Kommission eingeladen, der u.a. auch Görlich angehörte (vgl. Lenz, 1995). Offiziell wurde der Rubinlasereffekt erstmalig in der DDR in Berlin am 07.08.1962 realisiert. Wenige Tage später zogen die Jenaer Kollegen mit einem eigenen Rubinlaser nach und demonstrierten



zudem im Oktober 1962 den ersten Gaslaser. Nun wurde in Jena, getragen von der Unterstützung durch Zeiss und Görlich, an allen damals bekannten Lasertypen (Rubin-, Gaslaser, Kalziumfluorid-Laser, Glaslaser und Farbstoff-Laser) gearbeitet (Albrecht, 1997). Hierdurch wurde Jena zum Zentrum der hochschulgebundenen Festkörper- und Gaslaserforschung der DDR (Albrecht, 2001).

Die Akademie der Wissenschaften und hier insbesondere das Zentralinstitut für Optik und Spektroskopie (ZOS) in Berlin hatten jedoch einen bedeutenden Anteil an der Laserentwicklung in der DDR. So wurden in der zweiten Hälfte der 60er Jahre HeNe-Laser am ZOS für Grundlagenuntersuchungen, z. B. für spektroskopische Analysen gebaut. 1969 wurde ein Baulaser für die Vermessung entwickelt und in verschiedenen Bereichen der Volkswirtschaft der DDR eingesetzt, z. B. im Kraftwerks-, Schiffs- und Tiefbau. Zu dieser Zeit wurde auch mit der Entwicklung eines Argon- und cw CO_2-Lasers am ZOS begonnen. Die Ergebnisse zu ersterem wurden jedoch 1973 an Carl Zeiss Jena überführt, wo 1975 die Produktion des ILA 120 begann. Der cw CO_2-Laser wurde am ZOS im Baukastenprinzip für die Materialbearbeitung z. B. für Anwendungen in der Glas- oder Textilbearbeitung vorab entwickelt, 1971 im Zentrum für Wissenschaftlichen Gerätebau (ZWG) weiterentwickelt und schließlich 1975 an das VEB FEHA in Halle überführt.

1975 wurde am ZOS der erste cw Farbstofflaser der DDR in Betrieb genommen. Er wurde im ZWG in Zusammenarbeit mit der Universität in Jena zum FSL 100 weiterentwickelt. Dieser wurde dann wiederum durch das ZWG zum FSL 101 mit Rechnersteuerung weiterentwickelt.
Auf dem Gebiet der Halbleiterlaser übernahm in der DDR Leipzig die führende Rolle in der Entwicklung.



Farbstofflaser FSL 100 aus dem Zentralinstitut für Optik und Spektroskopie (l.)

Weiterentwicklung des FSL 101 mit Rechnersteuerung (r.)

Quelle: WISTA Management GmbH

Dennoch trugen auch hier das Berliner ZOS und das Werk für Fernsehelektronik in Berlin-Oberschöneweide (WF) zu bedeutenden Entwicklungen bei. So wurde z.B. der Lasereffekt am Halbleiter erstmalig in der DDR 1964 in Berlin nachgewiesen. In Bezug auf Anwendungen arbeiteten Wissenschaftler am ZOS mit Partnern aus dem WF in den späten 70er Jahren an Halbleiterbauelementen für die Nachrichtenübertragung über Glasfasern für die Deutsche Post.
In Berlin (West) gab es Anfang der 80er Jahre Bestrebungen ein Fraunhofer-Institut für Lasertechnik einzurichten. Dies scheiterte jedoch an der Gegenfinanzierung. Vielmehr wurden 1985 die Laser-Medizin-Zentrum GmbH (LMZ) unter Professor Müller und 1987 die Festkörper-Laser-Institut GmbH (FLI) unter Professor Weber als An-Institute an der FU Berlin bzw. an der TU Berlin gegründet. Das Laser-Medizin-Zentrum war das erste lasermedizinische Forschungs- und Entwicklungsinstitut in der Bundesrepublik Deutschland. Die beiden Institute wurden 1995 zur Laser-Medizin-Technik Berlin GmbH (LMTB) zusammengeführt. Sowohl eigenständig als auch nach der Fusion zur LMTB wurden in enger Zusammenarbeit mit den Berliner Universitäten, Kliniken und der Industrie durch Forschung und Entwicklung maßgebliche Beiträge zur Lasermedizin und Lasertechnik geleistet. Besonders hervorzuheben sind eine Reihe neuer Therapie- und Diagnoseverfahren, die in die klinische Praxis überführt werden konnten: die Wiedereröffnung verschlossener Blutgefäße (Laser-Angioplastie), die laserinduzierte Steinzertrümmerung von Nieren-, Gallen- und Speichelsteinen (Laser-Lithotripsie), die Verödung von Tumoren und Metastasen mit Hilfe der interstitiellen Laser-Thermotherapie und die optische Durchleuchtung zur Früherkennung und Verlaufskontrolle verschiedener Erkrankungen, wie z.B. Rheuma, bis hin zu den Methoden des Optical Molecular Imaging (Albrecht, 2005). Im technischen Bereich wurden zunächst Festkörper-Hochleistungslaser im kW-Bereich und später diodengepumpte Hochleistungslaser in Kooperation mit westdeutschen Unternehmen entwickelt.
Nach 1989 durchlebte das Feld der optischen Technologien und die feinmechanische Industrie in Berlin und Brandenburg eine umfassende Transformation (vgl. Lerch, 2009). Mit der politischen Wende kam in Berlin (Ost) das Ende der Einrichtungen der Akademie der Wissenschaften. Die Bestandsaufnahme durch den Wissenschaftsrat (1992) zeigte ein umfangreiches Spektrum an Laserforschungs- und -entwicklungsaktivitäten insbesondere im ZOS, ZWG und im Zentralinstitut für Elektronenphysik auf. Dennoch wurden nur Teile der Aktivitäten in neue Forschungseinrichtungen der „Blauen Liste" überführt. Viele „freigesetzte" Wissenschaftler wagten den Neuanfang als Unternehmer und wurden so Teil einer bis heute anhaltenden Dynamik, die weit über den Bereich der Laserentwicklung im Berliner Raum hinausgeht.
Besonderer Dank gilt Professor Dr. Horst Weber und Professor Dr. Klaus Junge. Der Autor ist für Kommentare, Ergänzungen und Anregungen stets dankbar.

Prof. Dr. Thomas Elsässer (l.)
Dr.-Ing. Helmut Ringelhan (r.)

Das Interview führte Markus Wabersky

5.0

Prof. Dr. Thomas Elsässer und Dr.-Ing. Helmut Ringelhan

Experteninterview Lasertechnik

Prof. Dr. Thomas Elsässer ist seit 1993 Direktor am Max-Born-Institut für Nichtlineare Optik und Kurzzeitspektroskopie und seit 1994 C4-S-Professor für Experimentalphysik an der Humboldt-Universität zu Berlin. Thomas Elsässer studierte Physik in Heidelberg und an der Technischen Universität München, wo er 1982 das Diplom in Physik erwarb. Er promovierte im Jahre 1986 an der TU München zum Dr. rer. nat. über ein Thema aus dem Bereich der Ultrakurzzeitspektroskopie und habilitierte sich 1991. Thomas Elsässer hat mehr als 350 Veröffentlichungen in referierten Zeitschriften und Büchern publiziert, hält 6 Patente und hat mehr als 240 eingeladene Vorträge und Vorlesungen gehalten.

Max-Born-Institut für Nichtlineare Optik und Kurzzeitspektroskopie im Forschungsverbund Berlin e. V. Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft. Das Max-Born-Institut (MBI) betreibt Grundlagenforschung auf dem Gebiet der nichtlinearen Optik und Kurzzeitdynamik bei der Wechselwirkung von Materie mit Laserlicht und verfolgt daraus resultierende Anwendungsaspekte. Es entwickelt und nutzt hierzu ultrakurze und ultraintensive Laser und laserbasierte Kurzpuls-Lichtquellen in einem breiten Spektralgebiet in Verbindung mit Methoden der nichtlinearen Spektroskopie.
Tel.: 030 – 6392 1402
wettstein@mbi-berlin.de
www.mbi-berlin.de

Dr.-Ing. Helmut Ringelhan ist seit 2000 Geschäftsführer der Photon Laser Engineering GmbH, einem Unternehmen der Photongruppe. Nach seinem Studium des Maschinenbaus an der TU Berlin war er ab 1974 in verschiedenen Institutionen und Unternehmen der Optik und Lasertechnik aktiv. Seit 2002 ist Dr. Ringelhan auch Vorsitzender des Laserverbundes Berlin-Brandenburg e.V.
Tel.: 030 – 364 088 – 22
H.Ringelhan@PhotonAG.com
Laserverbund Berlin-Brandenburg e. V.

Der Laserverbund Berlin Brandenburg e.V. wurde im Jahre 1993 gegründet und hat heute 100 Mitglieder. Ziele sind die Förderung der Kontakte zwischen Wissenschaft und Wirtschaft sowie zwischen Industriepartnern bzgl. Laserforschung, -entwicklung und -anwendung in Berlin und Brandenburg.
Tel.: 030 – 364 088 – 22
Ringelhan@Laserverbund.de
www.Laserverbund.de

Photon Laser Engineering GmbH ist spezialisiert auf die Materialbearbeitung mit Hochleistungslasern für die Automobilindustrie, Luft- und Raumfahrt sowie den Maschinen- und Schienenfahrzeugbau. Arbeitsschwerpunkte sind Verfahrensentwicklung, Sensoren, Serienfertigung und Weiterbildung.
Tel.: 030 – 364 088 – 0
LE@PhotonAG.com
www.LE.PhotonAG.com

1. Der Laser wird in diesem Jahr 50 Jahre alt. Welche Entwicklungsschritte waren in dieser Zeit entscheidend für die sehr erfolgreiche Entwicklung der Lasertechnik? Welches sind aus Ihrer Sicht die Meilensteine?

Prof. Elsässer: Das Prinzip des Lasers ist schon älter, die Geschichte beginnt bereits 1917 mit der Arbeit von Einstein „Zur Quantentheorie der Strahlung". Dort wurde die stimulierte Emmission – die Grundlage aller Laser – physikalisch beschrieben. Vor 50 Jahren wurde der Laser erstmals und nahezu zeitgleich von zwei Gruppen experimentell demonstriert, beides waren Rubinlaser. Im Laufe der Geschichte ist eine große Vielfalt von Lasern entstanden, die auf verschiedenen Wirkprinzipien beruhen. Damals hat man Blitzlampen-gepumpte Laser verwendet, heute sind viele Laser durch Halbleiterlaser gepumpt, die einen deutlich höheren Wirkungsgrad haben.
Entscheidende Entwicklungsschritte waren erstens die Entwicklung und Verwendung von neuen, aktiven Materialien, die bis heute ein aktuelles Forschungsthema ist und bleiben werden. Die zweite wichtige Entwicklungsrichtung war die Erfindung und Erprobung anderer Pumpmechanismen als optischer, insbesondere elektrisches Pumpen im Halbleiterlaser, das ist die mit Abstand effizienteste Methode. Weiterhin sind zu nennen die Verfeinerung in der Geometrie der Laser, in den Resonatoren und den optischen Komponenten und Methoden, die Zeitstruktur der Laseremission bis in den Ultrakurzzeitbereich zu verändern.
Ein wichtiges Charakteristikum der Entwicklung ist, dass es viele verschiedene Entwicklungsrichtungen für die verschiedenen Anwendungen gab und gibt. Die Grundlage der heutigen Lasertechnik ist, dass man mit dem Laser eine Lichtquelle hat, die extrem flexibel ist und die sich auf die jeweilige Anwendung anpassen lässt. Neben der Lasertechnik spielt die nichtlineare Optik ein zentrale Rolle für die Veränderung der Wellenlängen und der Zeitstruktur des erzeugten Lichts.

2. In welchen Bereichen liegen in Berlin die Schwerpunkte?

Prof. Elsässer: In Berlin wurde in Kooperation mit russischen Wissenschaftlern der erste Rubinlaser der DDR entwickelt, am Zentralinstitut für Optik und Spektroskopie. In Berlin gibt es auch eine große Tradition der Festkörperlaserforschung und –anwendung, die vor allem von den verschiedenen Gruppen der TU Berlin getragen wird. Die gegenwärtige Berliner Laserszene ist sehr international ausgerichtet und mit außeruniversitären Forschungseinrichtungen wie dem Max-Born-Institut und dem Ferdinand-Braun-Institut gut aufgestellt.

Dr. Ringelhan: Als einen wichtigen Berliner Schwerpunkt sehe ich die Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft, dabei dürfen wir auch das Umland, also Brandenburg, nicht vergessen. Was in Berlin zuwenig existiert, ist das produzierende Gewerbe, die den Laser als Messmittel und Bearbeitungswerkzeug einsetzt. Was in Berlin wirklich gut ist, sind die kurzen Wege der Akteure. Einen neuen wichtigen Branchenschwerpunkt in der Materialbearbeitung mit Lasern sehe ich bei den Schienenfahrzeugen und der Luftfahrtindustrie, die in der Region stark vertreten sind und bei denen die Photongruppe ganz vorne dabei ist. Auch die medizintechnische Anwendung ist in der Region gut vertreten und bietet noch ein großes Potenzial.

Dr. Ringelhan:

„Was in Berlin wirklich gut ist, sind die kurzen Wege der Akteure."

3. Der Laser ist aus der modernen Welt nicht mehr wegzudenken und ihm wird eine große Zukunft vorausgesagt. Welche Themen und langfristigen Entwicklungen sehen Sie aus heutiger Sicht?

Prof. Elsässer: Eine sehr wichtige Entwicklung ist weiterhin die Informationsspeicherung und –übertragung. Die Kommunikationstechnik im Festnetz ist schon heute primär optisch und die Nachfrage nach stark steigenden Datenübertragungskapazitäten, etwa im Internet, kann nur optisch gelöst werden. In den Laboren gibt es bereits Systeme, die Übertragungsraten von über 1012 Bit pro Sekunde (Terabit pro Sekunde) ermöglichen.
Damit erreicht die Kommunikationstechnik den Ultrakurzzeitbereich, ultrakurze Lichtimpulse in Kombination mit entsprechenden Modulationstechniken sind hier besonders wichtig. Generell werden viele Dinge, die bisher mit elektrischen Technologien gemacht wurden, in Zukunft optisch gelöst. Das betrifft im Consumer-Bereich Display- und Projektionstechniken, vielleicht auch das Fernsehen, und die Verbesserung der Datenspeicherung und –wiedergabe, wie etwa die Blue-Ray DVD. Dabei stehen vor allem höhere Qualität, höhere Geschwindigkeit und höheres Datenvolumen im Mittelpunkt der Entwicklungsziele.
Ein weiteres wichtiges Thema ist die Materialbearbeitung, z. B. das Bohren, Schneiden und Schweissen von Metallen. Ein gutes Beispiel ist der Werkzeugmaschinenbau, in diesem Bereich sind deutsche Firmen Weltmarktführer. Auch medizinische Anwendungen bieten weiterhin enormes Potenzial, zum Beispiel in der Augenheilkunde oder der Krebsdiagnose und –therapie. Bei der Mess- und Analysentechnik werden einige Systeme, die bisher nicht

optisch waren, in Zukunft auf optische Methoden umgestellt, weil damit die Zuverlässigkeit und Empfindlichkeit erhöht werden kann.

4. Welche zentralen Probleme und Forschungsaufgaben sind für diese Entwicklungen in der Zukunft zu lösen? Was kann die Berliner Forschungslandschaft und speziell das Max-Born-Institut dazu beitragen?

Prof. Elsässer:

„Ein Traum der Forscher wäre ein optischer Synthesizer."

Prof. Elsässer: Ein zentrales Problem wird bleiben, Licht mit möglichst variablen Parametern zu erzeugen. Ein Traum wäre eine Lichtquelle mit Wellenlängen vom fernen Infrarot bis zum Röntgenbereich, freie Wahl der Zeitstruktur und der Intensität, quasi ein optischer Synthesizer. Ein verwandtes Ziel ist es, die Zeitstruktur immer kürzer zu machen, wir sind heute bereits bei Atto-Sekunden, damit sind wir in der Lage, die Bewegung von Elektronen in Materialien zeitaufgelöst anzusehen. Damit verknüpft ist die Entwicklung zu immer kürzeren Wellenlängen. Wir am Max-Born-Institut sind spezialisiert auf kurze und ultrakurze Lichtimpulse, um in bestimmten Anwendungen schnelle Prozesse zeitaufgelöst anzusehen.
Eine weitere Entwicklung, die für uns wichtig ist, ist die Erzeugung extrem hoher Intensitäten, um Materie mit Licht in neue Zustände zu überführen oder um Teilchen zu beschleunigen.

5.0

5. Auf welche Themen und Technologien sollten sich bestehende Unternehmen und Neugründungen konzentrieren, um langfristig am Markt erfolgreich zu sein?

Dr. Ringelhan:

„Die Kunden von Laserunternehmen wollen Problemlösungen."

Dr. Ringelhan: Die Kunden von Laserunternehmen wollen, wie auch in anderen Bereichen, Problemlösungen. Ob diese Lösungen mit Lasern oder anderen Technologien umgesetzt werden, ist für die Kunden sekundär. Und für kundennahe Problemlösungen sind vor allem kleine und mittelständische Unternehmen sehr gut geeignet. Diese Lösungen sind oftmals ganz pragmatisch. Kostengünstigere, schnellere Produktion mit weniger Nacharbeit sind quer durch alle Branchen interessant.
Eine wichtige Entwicklung, vor allem bei der Materialbeeinflussung ist, dass die Laser in die Anlagen „hineinwachsen" werden, der Systemgedanke steht also im Mittelpunkt.
In diesem Zusammenhang fehlt, dass die Ingenieure den Laser wirklich in die Anlagen integrieren und ganz allgemein den Laser als Werkzeug mehr akzeptieren, dass sie Laser-gerecht denken und konstruieren. Viele wissen gar nicht, was man alles mit dem Lichtstrahl machen kann.

6. Der Laser gilt als Querschnittstechnologie mit großem Potenzial für viele Branchen und Themen. Wo wird der Laser seinem aktuellen technologischen Entwicklungsstand entsprechend noch nicht so eingesetzt, wie es denkbar wäre? Wo liegen die Gründe dafür und wie könnte das geändert werden?

Prof. Elsässer: Beim medizinischen Bereich ist das Potenzial sicher sichtbar, aber noch nicht seinen Möglichkeiten entsprechend ausgenutzt bzw. noch nicht in entsprechenden Geräten implementiert. Das liegt auch an den sehr komplexen Genehmigungsverfahren und an dem notwendigen Entwicklungsaufwand, den Laser für technische Laien im Umgang einfach und sicher zu machen. Bei einem CD-Player ist das kein Problem, da das System geschlossen ist. Beim offenen Umgang mit dem Laser gelten andere Sicherheitsanforderungen, das betrifft den medizinischen Bereich wie auch zum Beispiel die Messtechnik.
Ein wichtiger Aspekt sind die Kosten im Vergleich zu konventionellen Technologien. In der Materialbearbeitung zum Beispiel kann man viele Dinge mit Kurzpulslasern besser als mit anderen Methoden machen, aufgrund der hohen Kosten ist die Verbreitung aber eher noch gering. Wenn die Stückzahlen höher wären, wären auch die Geräte billiger, was wiederum zu einer weiter steigenden Verbreitung führen würde. Sie brauchen Leute, die mit hohem Risiko die Technologie in die Anwendung bringen und damit dann am Ende Geld verdienen.

Dr. Ringelhan: Ich sehe, dass es viele Bereiche gibt, bei denen noch das Potenzial da ist, den Laser mehr und besser einzusetzen. Im Bereich der Materialbearbeitung wird der Laser beim Schneiden in der Ebene und der Beschriftung breit gestreut eingesetzt. Einen neuen interessanten Markt sehe ich beim Fügen, vor allem in Verbindung mit Systemen, die auch der Handwerker bedienen kann. Man kann ganz allgemein sagen, dass noch großes Potenzial in einer breiteren Anwendung des Lasers liegt.
Um das Potenzial mehr auszuschöpfen muss man die Akteure, Entwickler und Anwender mehr zusammenführen. Anwenderworkshops und Seminare sind ein gutes Mittel, die nicht nur auf die Fachleute ausgelegt sind, sondern auf neue Zielgruppen wie zum Beispiel den Handwerkern. Ein erfolgreiches Beispiel sind die Gold- und Silberschmiede, die den Laser als alltägliches Werkzeug schätzen gelernt haben.

7. Es wird oft kritisiert, dass der Technologie- und Wissenstransfer von der Wissenschaft in die Wirtschaft dem Potenzial nicht gerecht wird. Woran liegt das Ihrer Meinung nach und wie könnte das – speziell im Bereich Laser und am Standort Berlin – geändert werden?

Prof. Elsässer: In Berlin funktioniert das Kooperationsnetzwerk schon ganz gut, speziell hier in Adlershof. Es gibt Bereiche, da ist Berlin international spitze, zum Beispiel in der Forschung mit Röntgenstrahlung und in Röntgentechnologien. Ein hohes Potenzial gibt es auch im Bereich Messtechnik und bei der Mikrosystemtechnik.
Der Transfer von Forschungsergebnissen in die Wirtschaft ist in Deutschland nicht so schlecht, wie oft gesagt wird. Um ihn weiter zu verbessern, ist es wichtig, die Geber und Nehmer von Forschungsergebnissen mehr zusammenzubringen. Die Leute müssen sich kennen und miteinander reden, um zu Kooperationen zu kommen. Die Unternehmen müssen wissen, was bei uns läuft und die Institute müssen wissen, was die Unternehmen brauchen.
Was Entwicklungen behindert, ist eine verbreitete Skepsis der Bevölkerung gegenüber Hochtechnologien, das ist zum Beispiel in den USA weniger der Fall. Ebenso ist die Unternehmermentalität in den USA anders, ein gescheiterter Gründer oder Manager bekommt wieder eine neue Chance, in Deutschland und auch in anderen europäischen Ländern kann ein Scheitern einer Existenzvernichtung gleichkommen, deshalb scheuen viele Leute das Risiko.
Beim Technologietransfer muss beachtet werden, dass nicht individuelle Firmen durch mit Steuergeldern finanzierte Entwicklungen subventioniert werden, die EU sieht das inzwischen mit besonders kritischen Augen.
Die rechtlichen Probleme und die Organisation der Kooperation sind ein wichtiges Thema, um den Transfer zu verbessern. Bei der Lösung dieser Fragen gibt es in Deutschland zuwenig Hilfsangebote.

Dr. Ringelhan: Das Werkzeug Laser muss mehr in die einzelnen Ausbildungsrichtungen integriert werden. Der angehende Ingenieur oder Techniker weiß zuwenig über die Möglichkeiten des Lasers und so werden Potenziale und technologische Veränderungsmöglichkeiten nicht rechtzeitig erkannt.
Ein praktisches Problem ist auch, dass die Investitionskosten für den Laser noch sehr hoch sind und es zuwenig Leute gibt, die den Umgang mit Lasern beherrschen. Die Ausbildungs- und Weiterbildungsmöglichkeiten sind in Deutschland beim Laser noch nicht ausreichend. Das führt auch zu dem Fachkräftemangel, der eine weitere Verbreitung des Lasers behindert.

8. Die aktuelle Finanz- und Wirtschaftskrise hat einigen deutschen Industriebranchen wie beispielsweise dem Maschinenbau oder der Automobilbranche schwer zugesetzt. Welche Auswirkungen gibt es in der Laserbranche und bei welchen Bereichen sieht es besser und bei welchen schlechter aus?

Dr. Ringelhan:

„Die schwierigste Phase der Krise ist sicherlich vorüber."

Dr. Ringelhan: Bei den Auswirkungen der Finanz- und Wirtschaftskrise zeigt sich wieder, dass die Lasertechnik eine Querschnittstechnologie ist. Je nach Anwenderbranche waren die Unternehmen stark oder kaum betroffen. Unser Unternehmen, dass sehr stark im Automobilbereich tätig ist, setzt zunehmend auf andere Branchen, wie beispielsweise den Schienenfahrzeugen oder der Luftfahrtindustrie. Wir sind aber inzwischen wieder optimistisch, die schwierigste Phase ist sicherlich vorüber.

9. Wie sind die Auswirkungen der Krise auf die Forschungsinstitute, in Deutschland und speziell in Berlin? Gibt es Einschränkungen bei Kooperationen mit der Industrie und bei den Drittmitteln? Erwarten Sie aufgrund der schwierigen Haushaltslage der öffentlichen Hand Kürzungen bei den Forschungsmitteln?

Prof. Elsässer: Bisher haben wir keine Kürzungen, sondern sogar Budgetzuwächse von bis zu 5% pro Jahr. Wir haben auch profitiert von den Konjunkturprogrammen, insbesondere im Bereich der Infrastruktur wie beispielsweise für Investitionen in Gebäude, teilweise auch in Forschungsgeräte. Ob sich das ändert, wenn sich die Haushaltslage weiter verschlechtert, kann man noch nicht einschätzen. Bei den Unternehmen ist die Situation sehr unterschiedlich, je nach dem, wie gut es der Firma geht. Insgesamt spüren wir die Auswirkungen der Krise bisher wenig.

10. Viele Branchen sehen China als großen und unberechenbaren Konkurrenten auf dem Weltmarkt. Kann die Forschung in China schon zur Weltspitze gezählt werden? Wie sehen Sie die weiteren Entwicklungen der chinesischen Wissenschaft?

Prof. Elsässer:

„Die Chinesen haben erkannt, dass Forschung ein Schlüssel für den Erfolg ist."

Prof. Elsässer: China ist sicherlich das wichtigste Schwellenland, auch in der Forschung. Ein interessanter Aspekt ist, dass der wissenschaftliche Nachwuchs in den USA heute oft Chinesen sind, die in den USA promovieren und sich entfalten können. Die chi-

nesische Regierung hat inzwischen einige große Programme aufgelegt, um einen Teil dieser Leute zurück zu holen. In der chinesischen Agenda ist die Forschung ein herausragendes Thema, die Chinesen haben erkannt, dass das ein Schlüssel für zukünftigen Erfolg ist. Es gibt in China einige Universitäten und Forschungslabore, die sich in der Qualität von Forschung und Lehre und in der Ausrüstung nicht von den westlichen Industrienationen unterscheiden.
Und natürlich gibt es auch in China absolute Spitzenforscher. Für die Zukunft sehe ich insgesamt einen stärkeren Wettbewerb, aber keine Dominanz durch China. Es wird in den relevanten Ländern immer Stärken und Schwächen geben.

Prof. Elsässer:

„Die Optischen Technologien sind starke Wachstumsfelder."

5.0

11. Wie steht Deutschland im Vergleich zu anderen Ländern da, zum Beispiel den USA oder Japan?

Prof. Elsässer: In allen drei Ländern gibt es Spitzenforschung in den Optischen Technologien und die Entwicklung von Hochtechnologieprodukten, die auf Lasern beruhen. Die finanzielle Ausstattung der Forschung ist in Deutschland und Japan teilweise besser als in den USA. Bei den Amerikanern ist das Forschungssystem sehr wettbewerbsorientiert. Es läuft fast alles über Projektfinanzierungen, das ist in Deutschland mit institutionellen Grundfinanzierungen der Universitäten und Forschungsinstitute anders und ermöglicht vor allem längerfristige Forschung. Man muss auch sehen, dass es in den USA nicht nur Spitzenforschung, sondern ein breites Qualitätsspektrum gibt. Wir müssen in Deutschland darauf achten, dass unsere Stellung im Spitzensegment erhalten bleibt und wir international die besten Köpfe gewinnen können. Ein zentrales Problem ist dabei, dass die Gehälter für Forscher im internationalen Vergleich nicht mehr wettbewerbsfähig sind, das muss die deutsche Politik dringend ändern.

Prof. Elsässer:

„In der Laserforschung kann man noch als Einzelner ein spannendes Experiment durchführen."

12. Sie können beide auf eine lange und erfolgreiche Karriere im Bereich Laser zurückblicken. Wie sind Sie persönlich zum Laser gekommen, was hat Sie fasziniert und bewogen Ihr Arbeitsleben dem Laser zu widmen? Gab es Schlüsselmomente, die Sie in Ihrer Entscheidung unterstützt haben?

Prof. Elsässer: Ich bin als Physikstudent an der TU München zum Laser gekommen, ich war fasziniert von den Methoden, Licht zu erzeugen und den vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten. Dazu kommt, dass die experimentelle Laserforschung keine Großmaschinenphysik ist, man kann als Einzelner oder in einem kleinen Team in einem gut ausgestatteten Labor noch wirklich etwas Neues machen. Es ist komplex, aber doch überschaubar. Das ist gerade auch für Studenten und Nachwuchsforscher interessant.

Dr. Ringelhan: Als Auszubildender war ich fasziniert von einem Meister, der im Versuch gearbeitet hat und dort mit hoher Konzentration einen roten Stab polierte. Es war ein Laserkristall und damit verbunden die Erkenntnis für mich, dass man mit Licht noch viel mehr machen kann, es als Signalträger und Werkzeug nutzen kann.

13. Was raten Sie heute jungen Leuten, die sich für eine Karriere als Forscher oder Ingenieur im Bereich Laser interessieren? Warum ist die Lasertechnik eine gute Wahl?

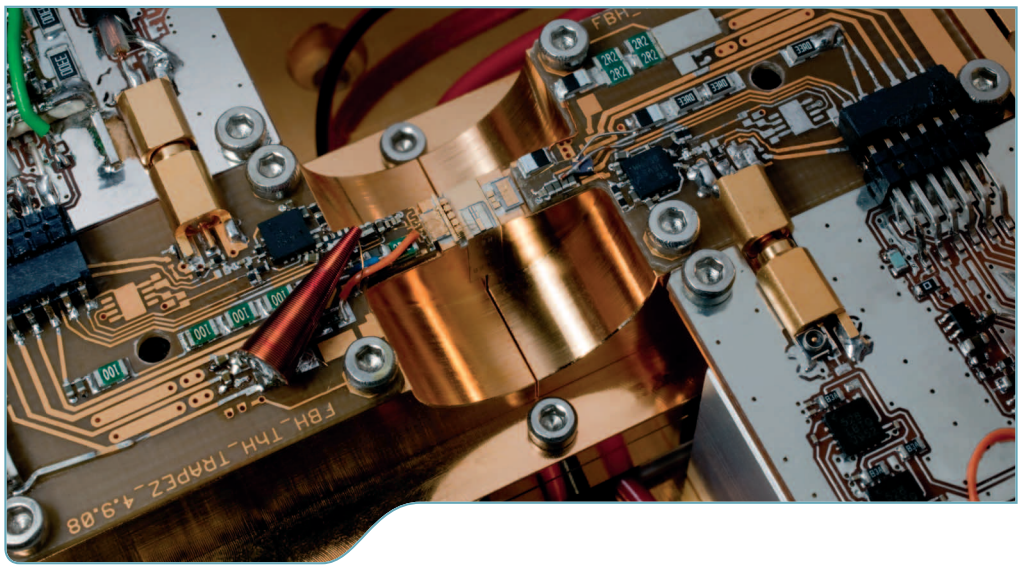
Prof. Elsässer: Die Lasertechnik und auch die Physik allgemein sind eine gute Wahl, weil es Querschnittsdisziplinen sind. Jemand, der Lasertechnik breit überblickt, kann in ganz verschiedenen Bereichen tätig werden. Außerdem sind die Optischen Technologien starke Wachstumsfelder, die in Zukunft eine noch größere Rolle spielen. Wichtig ist, dass die Ausbildung gut und nicht zu spezialisiert ist. Eine breite Ausbildung verhindert, dass der Nachwuchs nach 10 Jahren in einer Sackgasse steckt, weil sich Kenntnisse und Techniken geändert haben.

Dr. Ringelhan: Weil die elektromagnetischen Wellen, die Optik, das Zeitalter des Photons so viel Anwendungsmöglichkeiten bietet. Das muss nicht nur Informations- und Datenübertragung sein, auch Diagnose und Behandlung von Erkrankungen oder Materialbearbeitung können sehr erfüllende und spannende Arbeitsfelder sein. Jeder findet beim Licht seinen Bereich, in dem er sich entfalten kann.

Die Interviews wurden im Februar 2010 durchgeführt.

Lasertechnik in Wissenschaft und Industrie

6.0



Hochfrequenzansteuerung zur Erzeugung kurzer Pulse
Quelle: Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik
© FBH/schurian.com

Kai Kolwitz

6.1

Grundlagen und Anwendungen in der Forschung

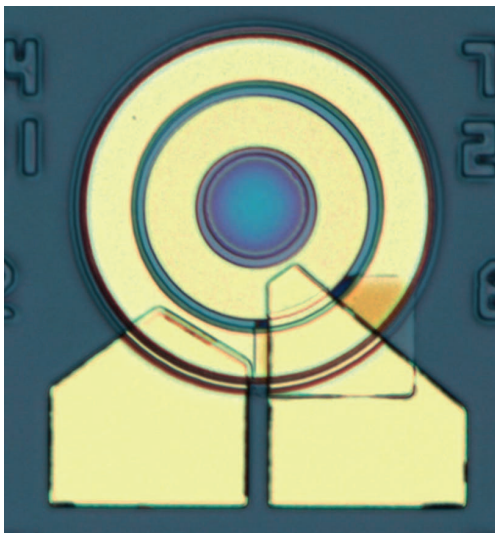
Lasertechnik im Berlin-Brandenburger Wissenschaftssektor

Eine der Hauptstärken des Lasers ist seine Anpassungsfähigkeit an die Bedürfnisse verschiedenster Anwendungsfelder. Das macht ihn interessant für viele Forschungseinrichtungen, egal ob im Grundlagen- oder im anwendungsorientierten Bereich. Das Potential der Technik ist noch längst nicht ausgeschöpft. Und egal, ob Materialbearbeitung, Kommunikation oder Medizin – kontinuierlich werden neue Gebiete gefunden, auf denen der Laser seine Stärken ausspielen kann und die Grenzen der bestehenden verschoben.

Dafür, dass die Entwicklung weitergeht, sorgt in Berlin und Brandenburg eine dicht vernetzte Forschungslandschaft. Das Max-Born-Institut für Nichtlineare Optik und Kurzzeitspektroskopie etwa betreibt sowohl Grundlagen- als auch anwendungsbezogene Forschung. Man untersucht die Wechselwirkung von Materie mit ultrakurz gepulstem Laserlicht. Dazu entwickelt man selbst ultraintensive Laser und laserbasierte Kurzpuls-Lichtquellen in einem breiten Spektralgebiet – Laser, die im Femtosekundenbereich arbeiten und in dieser kurzen Zeitspanne die Leistung im Terawatt-Bereich konzentrieren. Damit lassen sich ultraschnelle Prozesse in Atomen, Molekülen und Festkörpern untersuchen und beeinflussen, bis hin zur Bewegung von einzelnen Elektronen. Die denkbaren Anwendungen reichen von der Analytik bis zur Materialbearbeitung: Femtosekunden-Pulse sind so kurz, dass die Erwärmung des Werkstoffs praktisch keine Rolle mehr spielt. Auch chemische Reaktionen lassen sich mit schnellen Laserpulsen erforschen. Daran arbeitet unter anderem der Fachbereich Physik der Freien Universität Berlin.

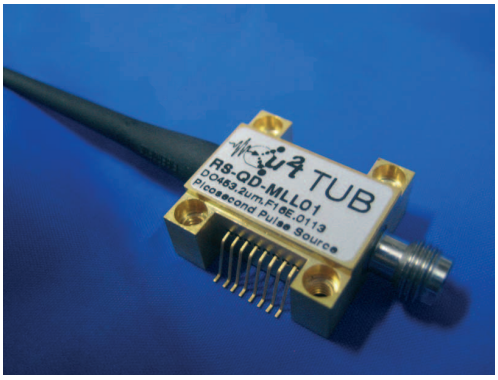
Auch am Fritz-Haber-Institut in Berlin benutzt man den Laser zu Untersuchungszwecken. Die Schwerpunkte des Instituts sind Molekülphysik und die Erforschung von Katalyse-Prozessen auf molekularem Niveau. Untersucht werden im Bereich chemische Physik des Instituts unter anderem Anhaftungs- und Ablöseprozesse von Molekülen auf den Oberflächen von Festkörpern. Den Laser nutzt man dabei zum einen, um Ablöseprozesse zu stimulieren und mittels Zwei-Photon-Photoemissions-Spektroskopie zu detektieren. Außerdem untersucht man die Anhaftung von Molekülen an Festkörper-Oberflächen in Abhängigkeit vom Umgebungsdruck. Dazu nutzt man die so genannte Sum Frequency Generation, bei dem sowohl Laserlicht mit einer definierten Frequenz im sichtbaren Bereich als auch Infrarot-Laserlicht mit veränderbarer Frequenz auf den zu untersuchenden Bereich gestrahlt werden. Die Änderung der Polarisation eingestrahlten Laserlichts im infraroten Bereich nutzt man zu Analysezwecken.

Das Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung im brandenburgischen Golm nutzt lasergestützte Spektroskopieverfahren, wenn es darum geht, biomedizinische Experimente mit kleinsten Strukturen zu überwachen. Und an Grundlagen arbeitet in Berlin auch das Paul-Drude-Institut für Festkörperelektronik. Und zwar an solchen für die Entwicklung neuer Lasertypen. Man



Mikroskop-Bild eines oberflächenemittierenden Lasers (VCSEL)
Quelle: TU Berlin – Institut für Festkörperphysik

untersucht Halbleiterstrukturen und die Prinzipien von Quantenkaskadenlasern. Lasern also, in denen das Licht durch Intersubband-Übergänge von Elektronen innerhalb des Leitungsbands entsteht. Die Frequenzen liegen im mittleren infraroten bis Terahertz-Bereich.
Das Paul-Drude-Institut konzentriert sich in seiner Forschung auf Laser, die auf Galliumarsenid basieren. Auch das Institut für Festkörperphysik der Technischen Universität Berlin ist an Grundsätzlichem interessiert: Man untersucht auf internationalem Spitzenniveau die optischen, elektrischen und magnetischen Eigenschaften von Halbleitern, amorphen Schichten und Heterostrukturen. Das Wissen nutzt man zur Erforschung, Entwicklung und Charakterisierung neuartiger optoelektronischer und elektronischer Bauelemente, die man selbst im Reinstraum herstellen kann. Die Palette der Bauelemente umfasst direkt modulierte Laser, modengekoppelte Laser, Halbleiter-Verstärker, oberflächenemittierende Laser (VCSEL) sowie Kantenemitter mit hoher Ausgangsleistung und Brillianz. Im Blickfeld stehen außerdem Quantenpunkt-Strukturen in Halbleitern, also Strukturen, in denen Ladungsträger nur noch

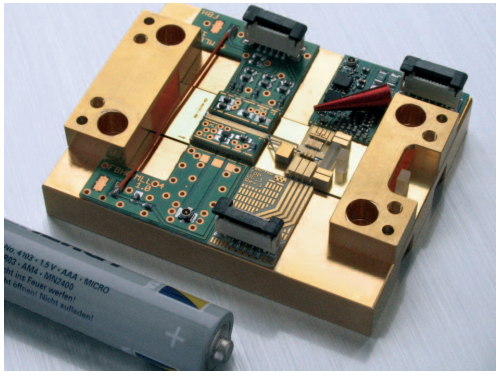


Modengekoppeltes Lasermodul
Quelle: TU Berlin – Institut für Festkörperphysik

diskrete Energiewerte annehmen können. Gemeinsam mit dem Institut für Physik der Berliner Humboldt-Universität, dem Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut sowie weiteren Berliner und internationalen Forschungspartnern ist das Institut für Festkörperphysik auch an der Kooperation NanOp beteiligt, die es sich zum Ziel gemacht hat, Nanostrukturen und Optoelektronik zu kombinieren.

Breit gefächert – Ferdinand-Braun-Institut, TU Berlin und Universität Potsdam

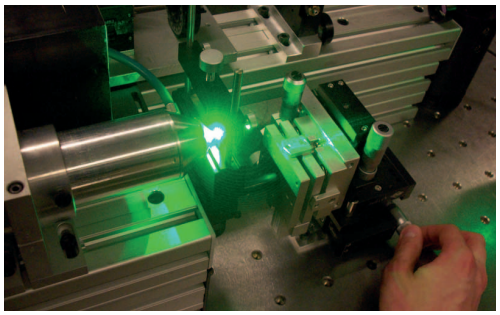
Auch das Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik (FBH), ist Partner bei NanOp. Wenn es um die Entwicklung von Lasertechnik und ihre Überführung in die Praxis geht, dann laufen in Berlin viele Fäden zusammen beim FBH. Das Institut erforscht elektronische Komponenten auf Halbleiterbasis und entwickelt leistungsstarke und hochbrilliante Diodenlaser und hybride Lasersysteme.
Dabei trachtet man danach, die Grenzen immer weiter zu verschieben, etwa Diodenlaser zu entwickeln, die in kompakter Form und mit ausreichender Leistung grünes und blaues Licht emittieren. Man ist in der Lage, selbst zu fertigen und arbeitet mit starkem Praxisbezug. So sind in den vergangenen Jahren mehrere Unternehmen aus dem FBH ausgegründet worden, unter anderem eagleyard Photonics und Jenoptik Diode Lab. Das Laser-Know-How des Instituts findet sich in Anwendungen von der Medizintechnik und Analytik über die Kommunikation bis hin zur Materialbearbeitung.
Eine der neuesten Entwicklungen des FBH ist der Pulspicker, ein leistungsfähiges, hybrid aufgebautes



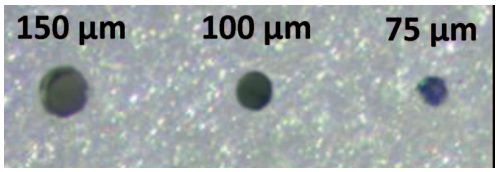
Pulspicker zur präzisen Selektion einzelner Laserimpulse
Quelle: Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik
© FBH/P. Immerz

Lasersystem. Es beruht auf einem neuartigen Konzept für die Selektion von Einzelimpulsen aus den hochfrequenten Impulsfolgen modengekoppelter Laser – einzelne Impulse können damit präzise „herausgepickt" werden. Pulspicker arbeitet auf rein halbleitertechnologischer Basis, er kann ultrakurze Lichtimpulse von weniger als zehn Picosekunden mit nahezu beliebigen Folgefrequenzen vom Kilohertz- bis in den 100-Megahertz-Bereich bereitstellen. In Kooperation mit der Arbeitsgruppe Quantenoptik und Metrologie der Berliner Humboldt-Universität befasst man sich außerdem mit der Entwicklung lasergestützter Messtechnik, die große Entfernungen mit hoher Genauigkeit bestimmen können soll.
Auf vielen Gebieten aktiv ist auch das Institut für Optik und atomare Physik der TU Berlin (IOAP). Meh-

6.1



Perkussionsbohrungen in Metallen und Keramiken bis 10mm Tiefe
Quelle: Oliver Lux, TU Berlin – Institut für Optik und Atomare Physik



Perkussionsbohrung
Quelle: Oliver Lux, TU Berlin – Institut für Optik und Atomare Physik

6.1

rere Arbeitsgruppen befassen sich hier mit so unterschiedlichen Themen wie Spektroskopie und umweltphysikalischen Analysemethoden, Femtosekundenlasern, Licht-Materie-Wechselwirkungen in intensiven Laserfeldern (gemeinsam mit dem Max-Born-Institut) oder der Entwicklung neuer optische Speichermedien. In Sachen Materialbearbeitung forscht man an Verfahren für die Produktion von Solarzellen, für die Bearbeitung von Glas und am Perkussionsbohren, also dem Bohren von Material mittels gepulster Laserstrahlung. Das IOAP war auch beteiligt an der Entwicklung eines Laserscanners, der spektroskopisch den Frischezustand von Fleisch ermitteln kann.

Und auch an der Universität Potsdam wird an und mit Lasern geforscht. Das Arbeitsgebiet für Photonik konzentriert sich zum einen auf die zeitaufgelöste Laserspektometrie im Femto- bis Millisekundenbereich. Im Fokus steht dabei vor allem die Erforschung von nichtlinearen Eigenschaften von molekularen Systemen. Einen zweiten Schwerpunkt hat die Potsdamer Photonik im Bereich Optimierung und Entwicklung von Lasern: Man arbeitet sowohl an Hochleistungsfestkörperlasern, wie auch an der Realisierung von phasenkonjugierenden Spiegeln, mit denen Phasenstörungen in Festkörperlasern kompensiert werden sollen. Daneben arbeitet man mit an der Entwicklung von breitbandigen Kurzpulslasern für die Interferometrie sowie an der Verbesserung der Strahlqualität von Hochleistungs-Laserdioden.

Spezielle Fähigkeiten gefordert – anwendungsgebundene Forschung

Aber Berlin und Brandenburg verfügen nicht nur über Einrichtungen, die an grundsätzlichen Fragestellungen arbeiten. Hinzu kommen viele Institutionen mit Fokus auf spezielle Anwendungsgebiete von Lasern. Etwa für die Kommunikation: Heutige Datennetze basieren auf Licht und Glasfaser, für die Weiterentwicklung spielen Laser und Detektoren eine große Rolle. Mit Optochips, Signalverstärkern und schnellen Detektoren beschäftigt sich in Berlin zum Beispiel das Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut. Auch das Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik in Frankfurt/Oder ist auf diesem Feld tätig. Man ist aktiv auf dem Gebiet schneller Schaltkreise und Komponenten, hat aber auch schon laserbasierte Sensoren für die medizinische Diagnostik entwickelt.

Auch die verschiedenen Methoden der Spektroskopie werden immer wichtiger für die medizinische Diagnostik und die Analyse verschiedenster Materialien. Universität Potsdam und das Astrophysikalische Institut Potsdam haben deshalb innoFSPEC gegründet. Die Abkürzung steht für „innovative faseroptische Spektroskopie und Sensorik". Die Gemeinschaftseinrichtung befasst sich mit den physikalischen und technischen Grundlagen für zukünftige Systeme der Spektroskopie und Sensorik. Dazu erforscht man neue optische Fasern und wellenleitende Strukturen. Weitere Forschungsziele sind die Steuerung von Lichtausbreitung und der Umgebungswechselwirkungen in lichtleitenden Strukturen und Struktursystemen für die Spektroskopie und Sensorik.

In Sachen Materialbearbeitung mit dem Laser forscht etwa das Fachgebiet Füge- und Beschichtungstechnik der TU Berlin. Hier arbeitet man zum Beispiel an neuen Fügeverfahren und an Verbindungen, die sich zu Reparatur- und Recyclingzwecken einfach und sortenrein wieder trennen lassen. Am Zentrum für Lasermaterialbearbeitung der Fachhochschule in Brandenburg/Havel forscht man etwa an Verfahren, stark unterschiedliche Materialstärken miteinander zu verbinden und daran, wie man Nachteile in der Verarbeitung von bleifreiem Lot gegenüber dem umweltschädlichen Vorgänger kompensieren kann.

Auf die Füge- und Beschichtungstechnik konzentriert ist das Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik in Berlin. Auch ist Laser- und Laserhybrid-Schweißtechnik eins der Forschungsfelder und auch hier hat man den ganzen Lebenszyklus von der Produktion bis zum Recycling im Auge. So entwickelt und untersucht man Füge-Verfahren und bahnt ihnen den Weg in die Praxis.

Auch der Fachbereich Maschinenbau der TU Berlin und die Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) forschen an Verfahren zur Materialbearbeitung mittels Laser. Und der Lehr- und Forschungsschwerpunkt Optische Technologien an der Technischen Hochschule im brandenburgischen Wildau ist auf vielen Gebieten aktiv: Mit optischen Fasern und foto-induzierten Veränderungen in Polymeren befasst man sich hier genauso wie mit elektrooptischen Modulatoren oder dem Schneiden von Metallfolien mittels Laser.

Mit dem medizinischen Einsatz von Lasern befassen sich unter anderem die Laser- und Medizin-Technologie Berlin sowie das Institut für medizinische Physik und Lasermedizin der Freien Universität Berlin. Und am Fachbereich Physik nutzt man den Laser sogar unter anderem dazu, sich das Wetter untertan

zu machen: Durch Laserstrahlung erzeugte lange Plasmafäden können unter anderem dazu dienen, Blitze abzuleiten und Regenwahrscheinlichkeiten zu bestimmen. Auch zur Materialanalyse lassen sie sich verwenden.

Auf den Bereich Grenzflächenspektroskopie wiederum hat sich der Berliner Standort des Leibniz-Instituts für Analytische Wissenschaften (ISAS) spezialisiert. Das Institut arbeitet international, sieht sich aber auch als regionaler Knotenpunkt in Kooperationen mit Firmen, Institutionen, Verbänden und Universitäten. Beleg dafür ist etwa das vom ISAS entwickelte „Elias". Die Wissenschaftler entwickelten mit dem Gerät ein Echelle-Spektroskop, das Wellenlängen von nur 100 Femtometern unterscheiden kann. Das „Elias" wird in mehreren Varianten von der LTB Lasertechnik Berlin hergestellt und vertrieben. Insgesamt stehen die Entwicklung neuer und die Optimierung bestehender spektroskopischer Verfahren im Zentrum der Arbeit des ISAS. Wichtige Zielrichtungen für die Zukunft sind die adäquate Nutzung von Synchrotronstrahlung und die Implementierung der nahfeldoptischen Schwingungsspektroskopie für Ortsauflösungen im Nanometerbereich.

In der Astronomie kommen lasergestützte Methoden, nicht zuletzt die Spektroskopie, ebenfalls zum Einsatz. Das FBH arbeitet zum Beispiel an Kommunikationsystemen für Satelliten. Das Institut für Optik und atomare Physik der TU Berlin und das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt kooperieren bei der Entwicklung von spektroskopischen Methoden im Terahertz-Bereich. Mit der Technik will man neue Erkenntnisse über die Entstehung von Sternen und Planeten gewinnen, integriert wird sie in Observatorien und Raumsonden. Und mit Laufzeitmessungen von Laserlicht zwischen Satelliten und Erdoberfläche vermisst man am Deutschen Geoforschungszentrum (GFZ) in Potsdam das Schwerefeld unseres Planeten. Als Bodenstation dient ein Laserteleskop, dass das GFZ in Potsdam betreibt.

„Zulieferer" auf hohem Niveau – Laserforschung braucht Unterstützer

Aber ob Grundlagenforschung oder anwendungsorientierte Aufgaben. Wissenschaftliche Arbeit an und mit Lasern braucht auch die Forschung in verwandten Gebieten, sozusagen „wissenschaftliche Zulieferer". Und auch hier bietet die Hauptstadtregion viele Forschungseinrichtungen, die ihren Teil zur Entwicklung von Lasern und Anwendungen beitragen.

Am Leibniz-Institut für Kristallzüchtung in Berlin etwa versteht man sich auf die Züchtung und die Entwicklung von Herstellungsverfahren für Kristalle, die als Komponenten von Festkörperlasern verwendet werden. Das Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung (IAP) und die Fraunhofer-Einrichtung für Polymermaterialien und Composite (PYCO) forschen an Polymeren, die ebenfalls als Basis für stimulierte Lichtemission. Das Institut für Dünnschichttechnologie und Mikrosensorik in Teltow arbeitet ebenfalls an Polymeren, die in Lasern und Sensorik zum Einsatz kommen können. Das Institut für angewandte Photonik e.V. (IAP) ist als gemeinnützige Industrieforschungseinrichtung aktiv in der Grundlagenforschung und der angewandten Forschung, speziell in der Röntgenphysik und -technik, wobei photonische Kristallfasern für Laseranwendungen zu den Kernkompetenzen des IAP zählen.

Kooperationspartner des Max-Born-Instituts in mathematischen Fragen ist das Berliner Weierstraß-Institut für angewandte Analysis und Stochastik. Und auch die Gesellschaft für angewandte Informatik arbeitet mit in der Laser-Forschung. Sie hat ihren Sitz im Wissenschafts- und Technologiepark Adlershof und liefert zum Beispiel Software für die Daten- und Bildverarbeitung der laser-wissenschaftlichen Einrichtungen.

Forschung an und mit Lasern kann viele Facetten haben. In Berlin und Brandenburg kann man sie sehen.

Gütegeschalteter DiNY cwQ 200 MM fc mit Faserkopplung
Quelle: IBL Innovative Berlin Laser GmbH

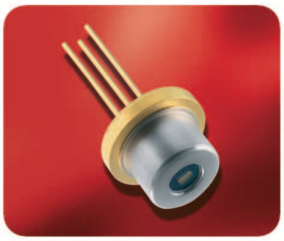
Kai Kolwitz

6.2

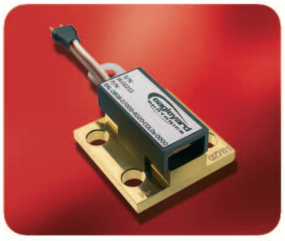
Hersteller und Zulieferer

Marktführer und Spezialisten: In Berlin-Brandenburg boomt die Lasertechnik

DBR Laser
Quelle: eagleyard GmbH



Ridge Waveguide Laser
Quelle: eagleyard GmbH



Broad Area Laser
Quelle: eagleyard GmbH

„Wir sehen noch ein sehr großes Wachstumspotential." Jörg Muchametow blickt optimistisch in die Zukunft. Er ist Mitgründer und Geschäftsführer der Berliner Firma eagleyard Photonics. Das Geschäftsfeld von eagleyard sind Highpower-Laserdioden im Wellenlängenbereich von 650 bis 1120 Nanometer. Zum Einsatz kommen sie in der medizinischen Diagnose und Therapie, sie pumpen die Cäsium- und Rubidium-Laser in Atomuhren oder werden im Forschungsbereich für Absorptions- und Ramanspektroskopie benutzt.

Die Geschichte von eagleyard ist typisch für viele Unternehmen, die in Berlin und Brandenburg im Laserbereich tätig sind. Gegründet 2002, baut eagleyard mit seinen Produkten auf Forschung auf, die am Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik, geleistet wurde. „Aus wissenschaftlicher Sicht waren bestimmte Phänomene auserforscht", erklärt Muchametow.

„Aber für die industrielle Anwendung sind noch andere Kriterien wichtig: Produkte sollen stabil arbeiten, sie müssen zur Serienreife gebracht und auf die Produktion großer Stückzahlen hin optimiert werden."

Eine Aufgabe, die eagleyard übernahm und damit ausgesprochen erfolgreich ist. Ein weiteres wichtiges Produkt, das aus der Zusammenarbeit entstand, sind Laserdioden, die Licht im grünen Wellenlängenbereich abstrahlen. Nötig sind sie zum Beispiel für in Mobiltelefone integrierte Projektoren oder kommende Generationen mobiler Displays.

Aus der Forschung in die Massenanwendung: Laserdioden made in Berlin-Brandenburg

Die enge Vernetzung zwischen Wissenschaft und Wirtschaft ist einer der großen Pluspunkte der Region Berlin-Brandenburg. So sind nicht wenige der Unternehmen, die in der Region Lasertechnologie produzieren, aus den Universitäten heraus gegründet worden. Ein weiteres Beispiel ist das Unternehmen PBC Lasers. Die Abkürzung steht für Photonic Band Crystal Lasers, entstanden ist PBC im Jahr 2008 als Ausgründung aus dem Institut für Festkörperphysik der Technischen Universität.

Mit dem universitären Know-how entwickelt man heute Laserdioden, die hohe Leistung und Energieeffizienz mit hoher Brillianz verbinden. Dabei zielt man auf den Massenmarkt für Materialbearbeitung. Die Technologie von PBC erlaubt es, unerwünschte Moden auszufiltern und mit Dioden Strahlqualitäten zu erreichen, die im Bereich der von Festkörperlasern liegen.

Spezialisten auf ihrem Gebiet sind auch die Entwickler von PicoQuant. Hier befasst man sich mit Diodenlasern, die ultrakurze Pulse liefern können. Die Pulszeiten liegen typischerweise im Picosekundenbereich, bei bis zu 80 Megahertz liegt die Wiederholrate. Außerdem ist PicoQuant führend auf dem Gebiet der zeitaufgelösten Fluoreszenz-Spektroskopie.

Wellenlängen, die sich generieren lassen, reichen vom infraroten bis in die ultravioletten Bereich. Durch die ultrakurzen Pulszeiten werden Anwen-

dungen wie die Zählung von einzelnen Photonen möglich. PicoQuant-Technologie wird in der Forschung, etwa in Biochemie und Genetik genauso verwendet wie zur Krebserkennung oder für Aufgaben in der Qualitätskontrolle in großen Industrieunternehmen. Kennzeichnend für PicoQuant, wie auch für viele andere Berlin-Brandenburger Hersteller von Lasertechnologie: PicoQuant ist hochinnovativ, man arbeitet kontinuierlich daran, Wiederholraten, Leistung und Wellenlängenbereiche immer weiter zu steigern und auszudehnen.

Hochinnovativ und qualitativ am Rande des Machbaren auf der einen Seite, preiswert und robust für Massenanwendungen auf der anderen. Durch ihre kompakte Bauform und ihre einfache Handhabbarkeit erschließen sich Laserdioden immer neue Anwendungsgebiete. Und in Europa dürfte es nur wenige Regionen geben, in denen so viele Entwickler, Hersteller und Vertreiber auf so engem Raum konzentriert sind wie in der Region Berlin.

Lumics etwa, mit Standort im Technologiepark Adlershof, ist eines von nur rund 20 Unternehmen weltweit, die von der Epitaxie bis zur Assemblierung alle Prozessschritte zur Herstellung von Laserdiodenmodulen beherrschen. Entstanden ebenfalls aus einer Forschungseinrichtung, dem Stuttgarter Max-Planck-Institut für Festkörperforschung, liefert man pro Jahr etwa 7000 bis 8000 Laserdiodenmodule aus. Im Repertoire befindet sich ein Spektrum von 790 bis 1500 Nanometer Wellenlänge, als Grundmodelaser oder Multimodeemitter.

Auch Lumics stellt die Weiterentwicklung der Technologie in den Mittelpunkt. So schützt Lumics Vorder- und Rückseite der Kristalle mittels Facettenpassivierung gegen Korrosion. Die Haltbarkeit der Dioden steigert das stark. Typisches Produkt sind fasergekoppelte Module mit 600 Milliwatt Leistung aus einer Grundmodefaser, komplette Strahlquellen leisten bis zu 600 Watt aus einer 400-Mikrometer-Faser.

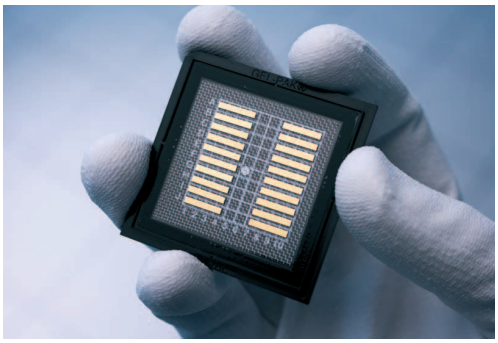
Mit Jenoptik Diode Labs befindet sich ein weiterer namhafter Hersteller von Laserdioden am Standort. Auch die Diode Labs wurden aus dem Ferdinand-Braun-Institut ausgegründet, im Verbund mit der Jenoptik Laserdiode GmbH ist man einer der wenigen Komplettanbieter für Hochleistungsdiodenlaser weltweit: Vom Wafer über das unmontierte Halbleitermaterial und die montierten Diodenlaserbarren bis hin zu hochwertig veredelten Produkten in Form von fasergekoppelten Diodenlasern und auch Stacks bietet Jenoptik die ganze Bandbreite der Diodenlaser aus einer Hand. Diodenbarren der Diode Labs werden unter anderem zum Pumpen von Festkörperlasern verwendet. Auch Medizin, Druck-, Sicherheits- und Wehrtechnik sind Anwendungsgebiete für Jenoptik-Produkte.

Noch einmal erweitert wird die am Standort verfügbare Produktpalette durch Silicon Sensor. Anfang 2010 gab das von Haus aus auf Photodioden spezialisierte Unternehmen eine Entwicklungs- und Vertriebskooperation mit dem koreanischen Hersteller QSI bekannt. Damit sind bei Silicon Sensor nun Laser- und die für den Modulaufbau zugehörigen Photodioden aus einer Hand verfügbar. Die Optoelektronische Componenten and Applikations GmbH OECA mit Sitz in Hoppegarten an der Berliner Stadtgrenze wiederum baut Laserdioden nach Kundenspezifikationen zu kompletten Lasermodulen auf. Man verarbeitet fast alle kommerziell verfügbaren Dioden mit Wellenlängen zwischen 400 Nanometer bis in den mittleren Infrarotbereich, auch thermisch stabilisierte Systeme sind verfügbar.

Nicht nur zum Schneiden und Bohren: Festkörperlaser

Auf eben diese Komplettmodule inklusive zugehöriger Optik und Fasern zur Weiterleitung des Laserlichts hat sich auch PhotonTec spezialisiert. Bis zu einigen hundert Watt liegen die Ausgangsleistungen, das Frequenzspektrum reicht vom blauen bis in den nah-infraroten Bereich.

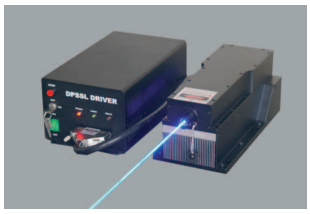
Einen Weltrekord hält PhotonTec allerdings in einem anderen Bereich – dem der Festkörperlaser: bei 457 Nanometer Wellenlänge (blauer Bereich) erreichen PhotonTec-Laser zehn Watt Ausgangsleistung, mehr als alle anderen kommerziell verfügbaren Produkte. Festkörperlaser von PhotonTec sind über einen weiten Wellenlängenbereich vom ultravioletten bis in den infraroten Bereich verfügbar, auch Kristalle, Optiken und optomechanische Komponenten befinden sich im Angebot – das Ziel sind komplette und trotzdem individuell zusammengestellte Lösungen für einen weiten Bereich von Anwendungen, von Medizintechnik bis Materialbearbeitung.



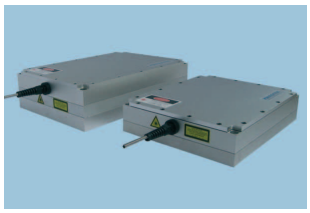
Herstellung von Laserbarren
Quelle: Jenoptik Diode Lab GmbH

Herstellung von Epitaxieschichten
Quelle: Jenoptik Diode Lab GmbH

6.2



Diodengepumpter blauer Festkörperlaser mit 10W bei einer Wellenlänge von 457nm
Quelle: PhotonTec Berlin



Fasergekoppelte Diodenlasermodule mit einer optischen Leistung von 10W bis zu 400W bei Wellenlängen von 808nm
Quelle: PhotonTec Berlin

Dyelasersystem mit integrierten DPSS-Pumplaser
Quelle:
CryLaS Crystal Laser Systems GmbH

Diode Pumped Solid State CW UV Laser
Quelle:
CryLaS Crystal Laser Systems GmbH

6.2

Doch PhotonTec ist nicht der einzige Generalist in Berlin und Brandenburg: In Stahnsdorf, gleich jenseits der Berliner Stadtgrenze, befindet sich mit Newport Spectra-Physics ein weiterer Anbieter mit Weltruf und weiter Produktpalette. Zurück geht der Standort auf die Nach-Wende-Gründung LAS GmbH. LAS machte schnell weltweit mit innovativen Produkten auf sich aufmerksam, etwa dem seinerzeit weltweit ersten industriellen CW-DPSS Laser mit 266 Nanometer Wellenlänge. Im Jahr 2000 wurde LAS von der amerikanischen Spectra Physics übernommen und diese wiederum vom ebenfalls amerikanischen Photonik-Konzern Newport.

In Stahnsdorf konzentriert man sich heute auf die Entwicklung und Produktion von diodengepumpten Festkörperlasern für industrielle Anwendungen, vor allem im grünen und ultravioletten Spektralbereich. Die Einbindung in den Newport-Konzern erlaubt Zugriff auf die gesamte für den industriellen Einsatz benötigte Peripherie, von der Fiberoptik bis hin zu Positionierungsvorrichtungen. Dazu kooperiert Newport Spectra-Physics mit vielen wissenschaftlichen Einrichtungen der Region, etwa dem Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung in Potsdam-Golm.

In Berlin-Brandenburg standen Lasertechnologie und verwandte Gebiete schon seit der Nutzbarmachung des Prinzips an sich im wissenschaftlichen Fokus. Von dieser Jahrzehnte langen Erfahrung profitieren viele Unternehmen der Region. Seit rund 30 Jahren forschen zum Beispiel die Mitarbeiter der Innovative Berlin Laser GmbH im Bereich. IBL bietet heute vor allem dioden-, aber auch blitzlampengepumpte Festkörperlaser.

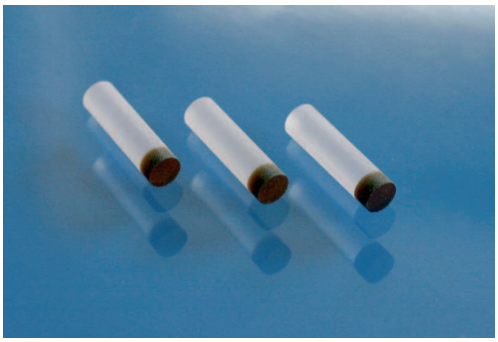
IBL arbeitet größtenteils als Zulieferer, unter anderem für Unternehmen in den Bereichen Materialbearbeitung, Verteidigung, Medizintechnik und Wissenschaft. Deshalb liegt der Fokus auf kompakten und robusten Systemen, die sich unkompliziert in die Produkte der Kunden integrieren lassen. Zu den IBL-Produkten gehören Markierlaser im Bereich von fünf bis 100 Watt, Hochleistungssysteme im 100-Watt-Bereich und Systeme mit langer Pulsdauer und hohen Einzelpulsenergien bis in den 100-Milli-Joule-Bereich.

Weitere Spezialisten für diodengepumpte Festkörperlaser sind Compact Laser Solutions und Crystal Laser Systems, kurz CryLaS. Bei Compact Laser Solutions hat man sich auf ultrakompakte Systeme mit langen Standzeiten für den industriellen Einsatz spezialisiert. Für die Blade-Serie etwa verspricht man die Kombination der Vorteile von Festkörper- und Faserlasern. Kompakt werden die Systeme unter anderem dadurch, dass sie mit reiner Luftkühlung funktionieren. Eingesetzt werden sie unter anderem für die Direktkennzeichnung und Kodierung von Produkten, aber auch für Materialbearbeitungsprozesse im Mikro- und Makrobereich, vom Bohren und Schneiden bis hin zur Innengravur von Glas.

CryLaS produziert als Zulieferer ebenfalls für Industriekunden wie auch für den wissenschaftlichen Bereich. CryLaS-Laser bietet Festkörper- wie auch Farbstofflaser, die verfügbaren Wellenlängen decken das gesamte Spektrum vom ultravioletten bis in den infraroten Bereich ab. Anwendungen liegen zum Beispiel in Biotechnologie, Medizintechnik und Mikromaterialbearbeitung. Die CryLaS-Tochter Secopta ist im Bereich Sicherheit und Analytik tätig. Für ein lasergestütztes System zur Erkennung von Landminen erhielt Secopta im Jahr 2007 den Technologiepreis der deutschen Verteidigungsindustrie.

Kurze Wege für Laser-Hersteller und -anwender: Zulieferer in der Region

Natürlich wäre die Entwicklung zur führenden Region in Sachen Lasertechnologie nicht denkbar gewesen ohne qualifizierte Unternehmen, die Bauteile zuliefern, mit denen sich der reine Laser zur industriell oder wissenschaftlich nutzbaren Baugruppe erweitern lässt. Und damit kann Berlin-Brandenburg dienen.

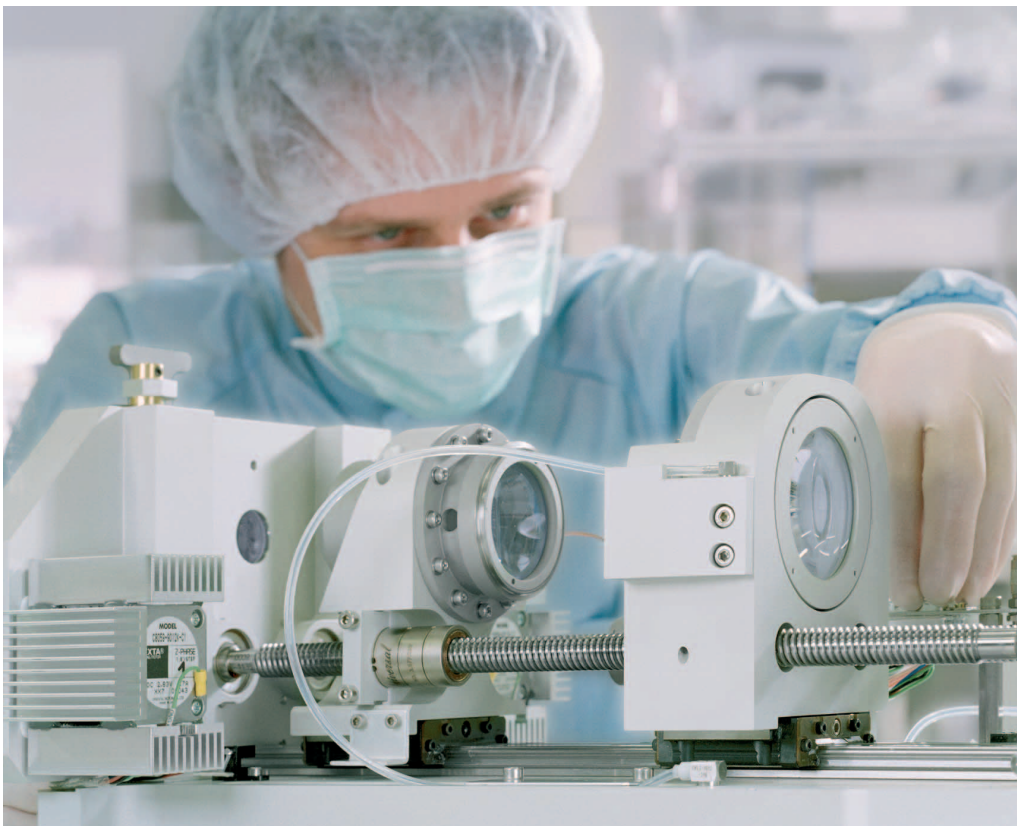


Diffusionsgeschweißte Laserkristalle
Quelle: Crystal GmbH

So befindet sich mit der Angewandte Physik & Elektronik GmbH APE der internationale Marktführer für Komponenten und Systeme in der Ultrafast-Lasertechnologie in Berlin. Das Produktspektrum reicht von Autokorrelatoren über Komponenten zur Wellenlängenkonversion bis zu Spektrometern, von Akustooptik bis zu optisch-parametrischen Oszillatoren. Kristallkomponenten, unter anderem für den Bau von YAG:Nd- und YAG:CR-Lasern vertreibt die ebenfalls in Berlin ansässige Crystal GmbH. Außerdem bietet man aktive und passive Laserkomponenten sowie optische Komponenten, zum Beispiel aus Fluoriden, Silizium, Quarz oder Glas.

Spezialist für hochqualitative optische Bauteile ist die Berliner Glas KGaA Herbert Kubatz GmbH & Co.. Berliner Glas entwickelt nach Kundenspezifikationen

Blade-Serie
Quelle: Compact Laser Solutions GmbH

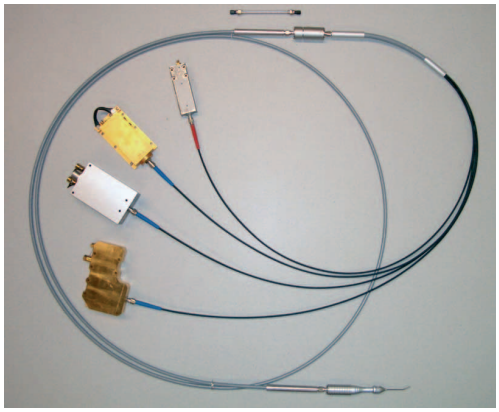


Reinraumfertigung bei Berliner Glas
Quelle: Berliner Glas KGaA Herbert Kubatz GmbH & Co

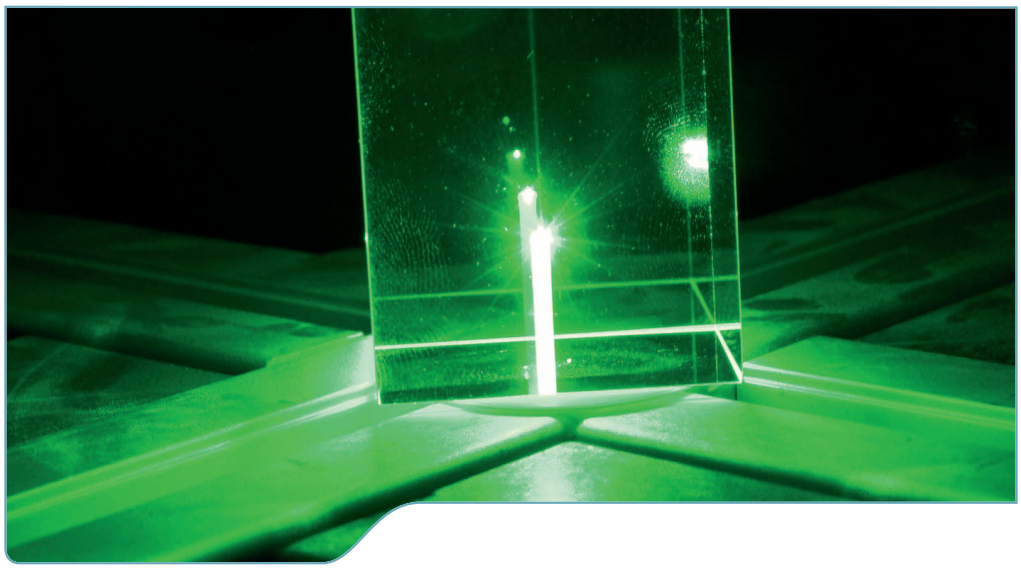
6.2

optische Systeme. Man fertigt Linsen, Prismen, Gitter und die andere Komponenten in höchster Güte im Reinraum, liefert komplette optische, opto-elektrische und opto-mechanische Systeme und integriert Optik in Kundenprojekte.
Frank Optic Products wiederum ist spezialisiert auf Faseroptiken, Reflektoren, Lichtleiterkabel, Saphir- und Quarzoptik. Man entwickelt Systeme nach Kundenspezifikationen, zu den Abnehmern zählen unter anderem Unternehmen der Laser- und Medizintechnik, Automobilindustrie, Signaltechnik sowie der Beleuchtungstechnik. Optische Fasern und Fasersysteme sind auch das Geschäftsfeld von A.R.T. Photonics. Das Unternehmen bietet Systeme für den Wellenlängenbereich von 180 Nanometer bis 18 Mikrometer. A.R.T.-Produkte werden unter anderem in der Spektroskopie eingesetzt, für Biopsien und in der Lasermedizin. Auf Laserdioden-Treiber hat sich wiederum OsTech spezialisiert, für Stromstärken von einem bis 400 Ampere und Spannungen von zwei bis 60 Volt. Die Geräte lassen sich modular kombinieren, spezielle Konfigurationen, etwa redundante oder hochverfügbare Systeme sind möglich.
Und auch externes Know-How lässt sich in der Region leicht einkaufen. Freie Entwickler, wie zum Beispiel Optikexpertisen Dr. Volker Raab, helfen dabei geeignete Systeme zusammenzustellen und zu optimieren. Raab etwa war Gründer des Lehrstuhls für Photonik der Universität Potsdam. Nach seinem Ausscheiden bietet er mit eigenem Entwicklungslabor Hilfestellung, vor allem in Sachen Halbleiterlaser und Optiken für Strahlformung und Faserkopplung.

Man sieht: Entwickler, Forscher, Laserproduzenten und Zulieferer – nur dort, wo alle Player auf kurzem Weg zusammenarbeiten, können kontinuierlich neue Technologien entwickelt werden. Und nur dort lassen sich bei vorhandenen Produkten Produktionskosten, Standzeiten, Platzbedarf und Energieverbrauch immer weiter optimieren. In der Region Berlin-Brandenburg ist das der Fall. Oder wie es eagleyard-Mitgründer Jörg Muchametow ausdrückt: „Die Region ist sicherlich eins der interessantesten Zentren im Laserbereich weltweit."



Drei Diodenlaser, gebündelt, plus Pilotlaser, refokussiert in einen Homogenizer und abgeschlossen mit einem Handstück
Quelle: A.R.T. Photonics GmbH



Glasbearbeitung mit der LMTB-Trepanieroptik zur Herstellung einer langen zylindrischen Bohrung durch ns-Laserpulse (532nm)
Quelle: Laser- und Medizin-Technologie GmbH, Berlin (LMTB)

Kai Kolwitz

6.3

Materialbearbeitung

Verbinden, trennen und verändern – Lasermaterialbearbeitung in der Hauptstadtregion

Ein Yterbium-Faserlaser mit 20 Kilowatt Leistung, ein paar Räume weiter ein Scheibenlaser, der es immerhin auf 16 Kilowatt bringt. Wer einige der stärksten Laser auf deutschem Boden im Einsatz erleben möchte, der sollte einen Termin bei der Bundesanstalt für Materialforschung vereinbaren: Unter den Eichen 87, Berlin-Lichterfelde.

Über die Technik verfügt die BAM deshalb, weil sie dafür verantwortlich ist, sicherzustellen, dass Schweißnähte an dickwandigen und sicherheitskritischen Baugruppen die Anforderungen erfüllen, die an sie gestellt werden. Zum Beispiel die Nähte von Gas-Pipelines, die unter dicht besiedelten Gebieten entlang führen. Verantwortlich dafür ist ein zwölfköpfiges Team, das sich mit der Fragestellungen im Bereich Laser- und Laser-Hybridschweißen beschäftigt, unter der Leitung von Professor Michael Rethmeier, Leiter der BAM-Fachgruppe „Sicherheit gefügter Bauteile".

Die Arbeitsgruppe interpretiert ihren Auftrag sehr aktiv und kooperiert eng mit der Industrie. Gemeinsam untersucht man nicht nur bestehende Verfahren auf Sicherheitsmängel. Sondern man sucht auch selbst nach Methoden und Parametern, mit denen sich dickwandige Bauteile per Laser- und Hybridschweißverfahren zuverlässig und produktiv verbinden lassen. Im Blick dabei zum Beispiel Verbindungen von Stählen unterschiedlicher Güte. Oder die Frage, wie sich die Position der Schweißoptik zum Material im Fall einer 3-D-Schweißung an einem unbeweglichen Bauteil auf die Güte der Verbindung auswirkt – die Orbitalschweißvorrichtung für solche Experimente ist natürlich ebenfalls vorhanden.

Andere Bauteile, die derzeit im Fokus der BAM-Forscher sind, sind Hydraulikzylinder. Diese sind hoch belastet und werden derzeit meist noch aus dem Vollen gebohrt und gefräst. Allerdings ließen sich mit der Einführung von Laser-Hybrid-Schweißverfahren deutliche Ersparnisse erzielen – die Rohre müssten nur noch dort dickwandig sein, wo viel Materialstärke gefordert ist. Die Bundesanstalt für Materialforschung klärt die Details: Wieviel Bauteilverschiebung ist tolerabel? Und wie dick darf ein Bauteil sein, um mit einem 20kW-Laser schweißbar zu sein?

Die Arbeitsgruppe an der BAM ist nicht die einzige, die sich in Berlin und Brandenburg intensiv damit beschäftigt, Verfahren der Lasermaterialbearbeitung zu verbessern und für neue Anwendungen nutzbar zu machen: Wie fügt man stark unterschiedliche Materialien per Laser zusammen? Wie kann man thermische Probleme bei großen Unterschieden in der Materialstärke in den Griff bekommen? Und wie baut man Verbindungen so auf, dass sie sich im Reparaturfall oder am Ende eines Autolebens einfach wieder trennen lassen?

Auf den ersten Blick mag die große Aktivität bei der Forschung an Verfahren zur Lasermaterialbearbeitung in Berlin-Brandenburg etwas verwirren. Schließlich gibt es wenig Automobilindustrie, die viele immer noch mit Laserschweißungen assoziie-

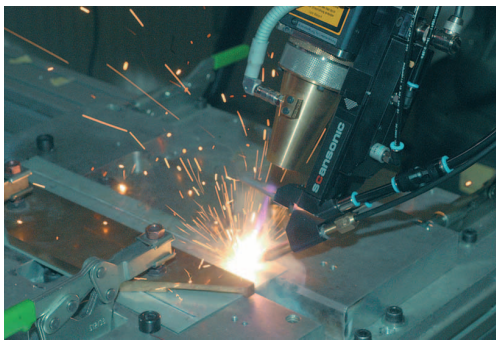
ren. Doch große Anwender gibt es auch in der Hauptstadtregion: Der Leuchtenhersteller Osram gehört genauso dazu wie Siemens in Berlin-Spandau, wo man Turbinenbauteile fertigt, mit Anlagen, die denen der BAM nicht wesentlich nachstehen. Mercedes baut im brandenburgischen Ludwigsfelde Autos, Rolls Royce stellt Flugzeugmotoren her in Dahlewitz am äußeren Berliner Autobahnring. Der Getriebespezialist ZF fertigt in Brandenburg an der Havel, MTU Maintenance und Viessmann sind ebenfalls vertreten. Auch die Solarbranche, die in der Region stark vertreten ist, nutzt Laser zum Beispiel zum Schneiden und Entgraten der Zellen. Und in Berlin setzt der Rasierklingenhersteller Gillette per Laser mehr als eine Milliarde Schweißpunkte pro Jahr, zur Befestigung der Klingen auf den Trägern bei den Modellen Mach3 und Fusion.

Laserwerkzeuge zur Materialbearbeitung

Wer in der Region mittels Laser produziert, der kann das mit Technik tun, die in Berlin oder Brandenburg hergestellt wurde – egal, ob große Stückzahlen oder die individuelle Bearbeitung von Werkstücken gefragt sind.

Highyag mit Sitz in Stahnsdorf an der Berliner Stadtgrenze etwa ist eins der weltweit führenden Unternehmen für Werkzeuge zu Lasermaterialbearbeitung. Man bietet Laserbearbeitungsköpfe zum Schweißen, Löten, Schneiden, Beschichten und Bohren, außerdem Strahlübertragungssysteme und Zubehör, wie etwa Hilfsgeräte zur Justierung und Einrichtung des Prozesses. Je nach Modell sind die Köpfe für Laser bis 500 Watt, zwei Kilowatt, vier Kilowatt, sechs oder sogar 20 Kilowatt ausgelegt. Man entwickelt kundenindividuell und schult Mitarbeiter der Kunden.

Besonders mit seinen Systemen zur mechanischen und optischen Nahtführung hat sich Scansonic einen Namen gemacht. Sie werden unter anderem im Karosseriebau der Autoindustrie verwendet und sind integriert in Laserbearbeitungsköpfe sowie adaptive Plattformen des Unternehmen. Scansonic-Produkte arbeiten mit Festkörper-, Dioden- und Faserlasern.



Nahtgeführtes Laserstrahlschweißen Karosserie
Quelle: Scansonic IPT GmbH

Sie empfehlen sich für das Schweißen und Löten von Feinblechen, in zwei- und dreidimensionalen Konturen.

Vor allem für Lasermodule für das Markieren und Codieren im industriellen Kontext ist Compact Laser Solutions bekannt. Die Module bieten ultrakompakte Bauform, die unter anderem durch reine Luftkühlung erreicht wird und sind auch für das Trimmen, Bohren, Schneiden, Tiefengravieren und Strukturieren geeignet. Als zu bearbeitende Materialien kommen quasi alle anorganischen und bestimmte organische Werkstoffe in Betracht. Neueste Produktreihe ist die Blade-Serie. Die verfügbaren Wellenlängen liegen bei 1064nm und 532nm, mit einem mittleren Leistungsbereich von bis zu 40W (1064nm) und Pulsfrequenzen von bis zu 500 Kilohertz. Compact verspricht gute Ergebnisse auch bei der Bearbeitungen von undankbaren Materialien wie Gold, Kupfer, Glas und Diamanten. Der DuoBlade, der im Juli 2010 eingeführt wird, wird das erste industriell einsetzbare Lasersystem sein, das wahlweise in einer Wellenlänge von 1064nm und 532nm oder 1064nm und 355nm betrieben werden kann.

Die IBL Innovative Berlin Laser bietet diodengepumpte Feststoff-Laser mit Güteschaltung, Leistungen bis 800 Watt und Pulsenergien von einem Millijoule (1064nm), 250 Mikrojoule (330nm) bei Wiederholraten bis vier Kilohertz. Bei 500 Hertz und 1064 nm sind es 800 Millijoule. Für die Produktion hat man vier verschiedene Pulslängenbereiche im Angebot: 10 bis 50 Nanosekunden, 20 bis 140 Nanosekunden, 100 bis 500 Nanosekunden sowie 400 Nanosekunden bis 1,5 Mikrosekunden.

Für die Lasermikrobearbeitung ist dagegen das gepulste Laserschweißsystem KPL 5000 von Komlas aus Berlin gedacht. Das KPL 5000 ist wartungsfrei und kann mit zwei Faserausgängen für das gleichzeitige Setzen von zwei Schweißpunkten geliefert werden. Auch ein Stereomikroskop kann integriert werden. Bei einer Wellenlänge von 1064 nm liefert das System eine Pulsenergie von bis zu 5000 Millijoule, die gemittelte Ausgangsleistung liegt bei fünf Watt. Zudem bietet Komlas optische Komponenten, Laserkavitäten und –kristalle sowie ein diodengepumptes Nd-YAG-System für Schulungs- und Ausbildungszwecke, dessen Parameter modifiziert werden können und auf dem sich verschiedene Experimente realisieren lassen.

Nahtgeführtes Laserstrahlhartlöten Karosserie
Quelle: Scansonic IPT GmbH

Canlas im brandenburgischen Wildau hat sich in der Mikromaterialbearbeitung auf die Bereiche Schweißen und Beschriften spezialisiert. Canlas-Technik schweißt Halbleiterchips auf Wärmesenken, kann aber auch medizinische Instrumente markieren oder Datamatrix-Codes auf Platinen gravieren. Die selbstentwickelten Beschrifter basieren auf Nd:YAG-Lasern und sind mit Leistungen von drei bis 50 Watt erhältlich. Das Schweißsystem eignet sich für eine Vielzahl von Materialien und arbeitet mit einem lampengepumpten Nd:YAG-Laser, der auch fürs Bohren oder Perforieren eingesetzt werden kann. Ein Mikroskop kann eingekoppelt werden.
Auch das MiLaBS von Smart Laser Systems ist ein System für die Mikrobearbeitung. Der Produktname steht für ein komplexes und auf kleinstem Raum realisiertes Lasersystem für flexible Anwendungen. Auch dieses Bearbeitungssystem ist mit einem Stereo-Mikroskop gekoppelt, so kombiniert es computergesteuerte Bearbeitung kleinster Strukturen mit bester visueller Kontrolle. Außerdem bietet Smart diodengekühlte Festkörperlaser in kompakter Modulbauweise, die sich zum Beispiel zum Schweißen eignen und Leistungen von mehr als 20 Watt bieten, sowie Laserköpfe für den Einstieg in die Diodenlasertechnik.

Hochleistungs-Laserdiodensystem
Quelle: Laser Electronics

6.3

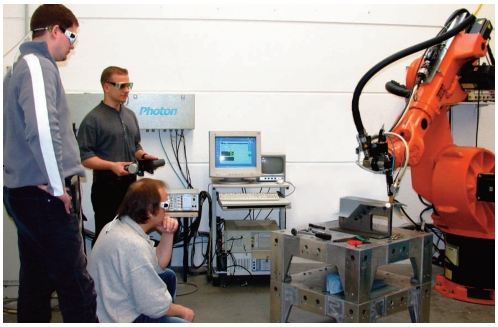
Strahlquelle für die Materialbearbeitung
Quelle: Lumics GmbH

Auf Dioden zur Materialbearbeitung setzen auch andere. Lumics-Diodenmodule erobern sich hier mit steigender Leistung immer neue Anwendungsgebiete. Und Laser Electronics entwickelt und fertigt Hochleistungs-Laserdiodensysteme zum Pumpen von Festkörper- und Faserlasern, für die Materialbearbeitung und für industrielle und allgemeine Laboranwendungen. Laser Electronics liefert sowohl einzelne Komponenten als auch komplette Laserdiodensysteme einschließlich Laserdiode, Faser und Optik. Laserdiodensysteme sind verfügbar mit bis zu 250 Watt, 200 bis 600 Mikrometer Faserdurchmesser und Wellenlängen von 808, 880, 915, 938 und 976 Nanometer. Außerdem bietet man die technische Peripherie an, etwa den Laserdiodencontroller LDC1000, einen Laserdiodentreiber und TEC-Treiber in einem Gerät. Der Laserdiodentreiber liefert sowohl CW als auch Pulsströme, um Hochleistungslaserdioden, Laserarrays und Laserstacks mit bis zu 150 Ampere zu versorgen. Der integrierte TEC-Treiber kann Peltierkühler bis 600 Watt versorgen.
Und natürlich lässt sich per Laser auch löten. Auf Systeme für das automatisierte Einzelpunktlöten hat sich ATN Automatisierungstechnik Niemeier spezialisiert. Die Löttechnik des Unternehmens basiert auf Diodentechnik. Wegen der starken Bündelung des Lichts empfiehlt man das Löten per Laser vor allem für Feinstlötstellen und allgemein dort, wo nur wenig Raum für die Lötstelle zur Verfügung steht.

Technik, Beratung und Produktion aus einer Hand

Auffällig ist, dass viele Unternehmen der Region einerseits selbst für Kunden Anlagen zur Lasermaterialbearbeitung fertigen oder konzeptieren, andererseits auch selbst als Dienstleister im Kundenauftrag fertigen. Ein Beispiel dafür ist Photon Laser Engineering: Am Standort Berlin entwickelt und erprobt das Unternehmen neue Methoden der Materialbearbeitung mittels Laser: Schneiden, Schweißen, Löten, Beschichten, vor allem für die Fertigung von Auto-Karosserie und -technik, Schienen-, Luft- und Raumfahrzeugen. Man analysiert Fertigungsaufgaben, findet Lösungen, implementiert die Anwendungen beim Kunden und schult dessen Personal.
In die Produktion umgesetzt wird das Know-how aber auch in der eigenen Fertigung, sowohl in Berlin Spandau, als auch im brandenburgischen Schönwalde-Glien: Hier entstehen bei Photon Laser Manufacturing Blechteile, die mit Hilfe von Lasern geschnitten, gebohrt und zusammengefügt wurden.

Weiterbildung am Hochleistungs-Festkörperlaser
Quelle: Photon Laser Engineering GmbH



Weiterbildung Laserstrahl-Hartlöten
Quelle: Photon Laser Engineering GmbH

Auch hier arbeitet man für Automobilindustrie, Schienenfahrzeugbau, Luft- und Raumfahrt.
Auch die Berliner Unternehmen itec Automation & Laser und Laser-Mikrotechnologie Dr. Kieburg haben mehrere Standbeine. itec fertigt einerseits Laserautomaten für Schneid- und Schweißprozesse und Sondermaschinen für komplexe Fertigungsprozesse, die auf den Automaten aufbauen. Andererseits fertigt man im Kundenauftrag Muster, Null- und reguläre Serien im eigenen Betrieb, in dem auch Folgearbeiten wie Biegen oder Oberflächenbearbeitung durchgeführt werden können. Kennzeichen der itec-vmax-Laserautomaten sind die linearmotorbetriebenen Präzisionsachsen, die je nach Ausführung auch dreidimensionale Arbeiten zulassen.

Laser-Mikrotechnologie Dr. Kieburg berät Kunden konzeptionell, man entwickelt und produziert Systeme zur Lasermikrobearbeitung, vom OEM-Modul über die Standalone-Lösung bis zur kompletten Bearbeitungsanlage. Mit diesen Anlagen lassen sich Fotoschablonen, feine Metallmasken, Beschriftungen und Pinholes herstellen, Silizium, Keramik und Metall dreidimensional bearbeiten sowie natürlich Materialien mikrostrukturieren, beschriften, bohren und Metallfolien bis in den Mikrometerbereich hinein feinschneiden. Andererseits bietet man die oben genannten Arbeiten auch als Dienstleister an, für Branchen von Maschinenbau und Autoindustrie bis hin zu Werbebranche und bildenden Künsten. Als Werbung für die eigenen Fähigkeiten zeigt man Werkstücke wie etwa eine Pfennigmünze, in die per Laser ein Kindergesicht graviert wurde. Auch Schweißungen von Edelstahl und ungewöhnlichen Materialkombinationen hat man im Repertoire. Das Ingenieurbüro Hüyüktepe, Helios Laser-Service, ist ebenfalls auf zwei Gebieten aktiv. Zum einen wartet, baut und konzeptioniert man Laseranlagen und schult in deren Bedienung. Andererseits bietet man mit eigener Technik Laserfeinbearbeitung, Schneiden, Schweißen, Bohren, Ritzen, Beschriftungen und den Abtrag von Beschichtungen an – vom Makro- bis in den Mikrobereich und in 2D wie auch in 3D.

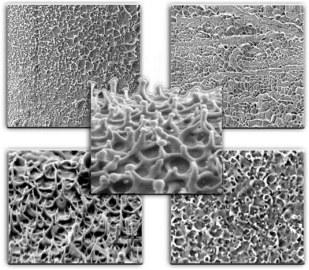
DoroTEK wiederum vertreibt von Strausberg aus Komponenten der polnischen Solaris-Gruppe: Laserbeschriftungssysteme, Optikbauteile und Pockels-Zellen zur Strahlmodulation. Andererseits arbeitet man auch als Lohndienstleister in Sachen Laserbeschriftung, für Werbeartikel und Industrieprodukte aller Art und auf fast allen denkbaren Werkstoffen. Reparaturen an Teilen aus unterschiedlichsten Bereichen mit Hilfe der Laserschweißtechnik, sowie Laserbeschriftungen und 3D-Lasergravuren auf verschiedenen Materialien sind die Geschäftsfelder der Berliner Delta Laser Tech.

Spezialisten für die Mikrobearbeitung

Das Angebot an Dienstleistern in Sachen Lasermaterialbearbeitung ist groß in Berlin und Brandenburg. Neben breit aufgestellten Unternehmen, die ein großes Spektrum an Produktionsarbeit im Mikro- und Makrobereich übernehmen können, finden sich hier auch ausgesprochene Spezialisten.
Einer davon ist die Laser Micro Präzision mit Sitz in Teltow. Man arbeitet im Mikro-Bereich und bietet zum Beispiel Laserbeschriftungen bis hinunter in den Mikrometer-Bereich an, etwa für Datamatrix-Codierungen von Platinen. Außerdem versteht man sich auf Mikro-Oberflächenbearbeitung, etwa die Modifizierung von Chrom-Glas-Masken für die Lithographie oder das nachträgliches Freilegen definierter Bereiche auf beschichteten Flächen oder die Veränderung der Mikrostrukturen der Oberflächen von Werkstücken und damit der Veränderung ihrer Eigenschaften. Auch Bohrungen im 0,1-Millimeter-Bereich sind möglich. Die Verfahren für die angebotenen Dienstleistungen entwickelt Laser Micro Präzision selbst kontinuierlich weiter.
Auch escotec Lasertechnik, ebenfalls in Teltow beheimatet, hat eine Kernkompetenz im Mikro-Bereich. Hier versteht man sich auf das Laser-Schweißen von Mikro-Komponenten, vor allem für den Bereich Medizintechnik. Kanülenrohre können zum Beispiel ab Wandstärken von 20 Mikrometer verbunden werden, Edelstahl- und Titanfolien sind ab fünf Mikrometer Dicke machbar. Außerdem entwickelt man selbst nach Kundenspezifikationen Bauteilgeometrien für medizinische Anwendungen, zum Beispiel Mikrobehälter für radioaktive Quellen.
Das Berliner Unternehmen acolma wiederum hat sich auf die athermische Mikromaterialbearbeitung mittels Laser spezialisiert – die Herstellung von Oberflächenstrukturen im Mikro- bis Nanometer-Bereich, die Amorphisierung von Oberflächen, das Bohren von Mikrokanälen, die Herstellung von Kanälen parallel zur Oberfläche oder das Bohren von gekrümmten Kanälen. acolma ist in der Lage, mit allen Festkörpermaterialien zu arbeiten.
Pac Tech – Packaging Technologies nutzt in Nauen dagegen Lasertechnik für die Produktion und Veredlung von Wafern, Mikrochips und Platinen. Man lötet mit Hilfe von Lasern und vorgefertigten Lotkugeln im Kundenauftrag und veredelt die Pad-Oberflächen

6.3

Laser-Mikrobearbeitungsanlage LMBS micro Laser
Quelle: Laser-Mikrotechnologie Dr. Kieburg GmbH



Oberflächen
Quelle: acolma GmbH

Mikrochips. Außerdem entwickelt und baut man selbst vollautomatisierte Maschinen für die Veredlung von Silizium-Wafern und die Mikrofügetechnologie auf Basis von Laserlötung und Schweißungen. In beiden Bereichen arbeitet man für namhafte Kunden aus den Bereichen Telekommunikation, Automobilindustrie und diversen Bereichen der Elektronikfertigung.

Breit gefächerte Forschungslandschaft in der Region

Viele der Entwickler, Produzenten und Dienstleister in der Region Berlin-Brandenburg sind hochinnovativ. Möglich ist das nicht zuletzt deshalb, weil sich auch die Wissenschaftslandschaft der Region in Sachen Lasermaterialbearbeitung ausgesprochen vielfältig zeigt.

So spielen im Fachgebiet Füge- und Beschichtungstechnik der TU Berlin lasergestützte Verfahren in der Forschung eine große Rolle. Im Flugzeug- und Automobilbau zum Beispiel ermöglichen moderne Fügeverfahren es erst, hochfeste und trotzdem leichte Strukturen aus verschiedenen Werkstoffen zu schaffen. Beschichtungen dienen dem Korrosionsschutz, erhöhen die Standzeiten von Werkzeugen und sorgen für Wärmedämmung. Dazu ermöglichen Verfahren wie das Auftragsschweißen Reparaturen an hochpreisigen Bauteilen.

Leiter des Fachgebiets ist Prof. Johannes Wilden, der gemeinsam mit seinem Team von der TU Ilmenau nach Berlin wechselte. Eins seiner Projekte ist „Proremix". Hier sucht man nach Füge-Konzepten, die von Anfang an den gesamten Lebenszyklus einer Baugruppe aus verschiedenen Materialien berücksichtigen. Beteiligt sind neben Wildens Forschungsgruppe Unternehmen wie Audi oder Porsche. Die Partner suchen zum einen nach Antworten auf die Frage, wie sich haltbare Verbindungen etwa von Stahl oder Titan mit Aluminium oder zwischen Stählen mit verschiedener Festigkeit schaffen lassen.

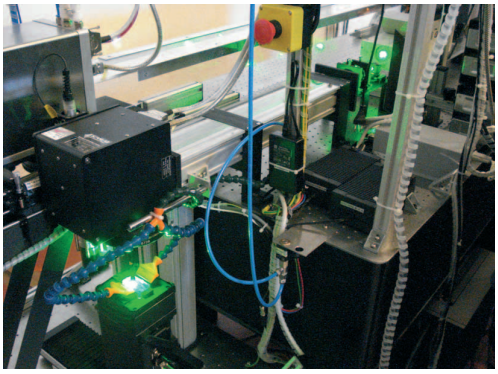
Ebenfalls im Blickpunkt: Sind solche Baugruppen einmal verbaut, etwa im Chassis eines Autos, dann müssen sie sich mit überschaubarem Aufwand instandsetzen und, wenn das Fahrzeug am Ende seines Lebens angelangt ist, trennen und sortenrein wieder recyclen lassen.

Unter anderem mit hybriden Laserprozessen möchte Wildens Arbeitsgruppe diese Ziele erreichen – gesucht sind Verbindungsmedien, deren Schmelzpunkt trotz hoher Festigkeit so weit unter denen der eigentlichen Bauteile liegt, dass sie sich thermisch wieder trennen lassen.

Neue Einsatzmöglichkeiten für Laserverfahren sieht man am Fachbereich unter anderem dann, wenn es darum geht, Werkstoffe zu verbinden, die bisher als nicht schweißbar galten: Messing und Stahl, Titan und Aluminium, Titan und Edelstahl. Zukünftige Anwendungen könnten hier in Medizin- oder Feinwerktechnik liegen. Auch die Standzeiten von Alu-Druckgusswerkzeugen lassen sich durch eine Beschichtung per Laser vervielfachen. Ebenfalls im Blickpunkt: Wie lässt sich ein gelungener Laborversuch zu einem industriegerechten Produktionsverfahren destillieren? Wie trägt man den Anforderungen von Unternehmen an Qualität und Reproduzierbarkeit Rechnung? Und wie lassen sich die Kosten senken?

Auch an der FH Brandenburg forscht man an bisher noch nicht machbaren Verbindungen. Im Fachbereich Technik, am Zentrum für Lasermaterialbearbeitung, hat man unter anderem Drähte ins Visier genommen. Dabei geht es um eine Reihe von Problemen, beim Verschweißen von Drähten unterschiedlicher Dicke miteinander oder mit anderen Bauteilen auftreten können. Mittels Kurzpulsschweißen versucht man den Wärmeeinfluss zu minimieren. Auch die Pulsformung steht im Blickfeld: Mit kurzem hohen Energieeintrag lassen sich zum Beispiel Isolierungen vorab entfernen, außerdem sucht man ideale Pulsgeometrien für die Verbindungen unterschiedlicher Materialien.

Im Rahmen der Versuche arbeitet man mit Drähten,



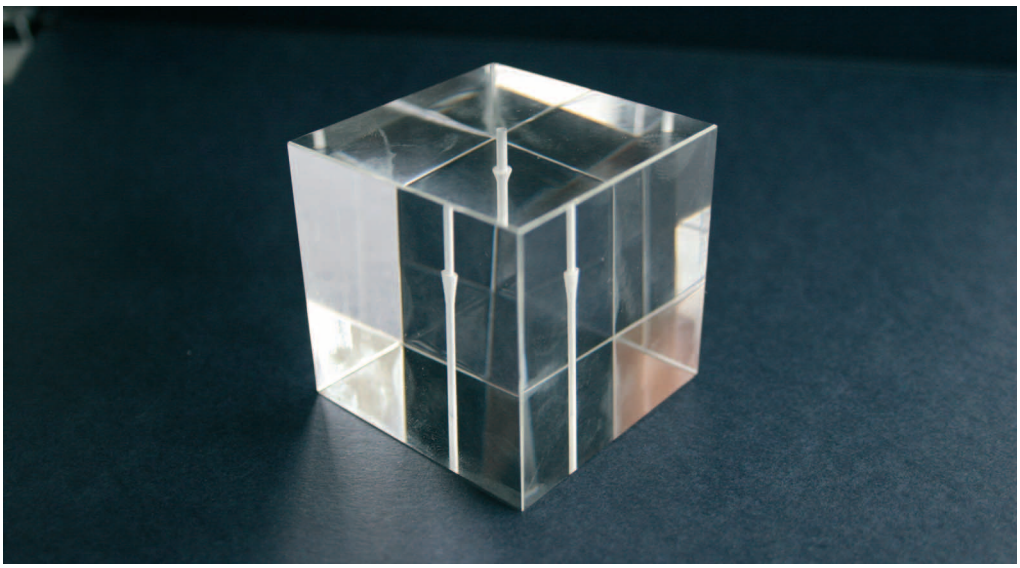
6.3

Feinbearbeitung mit dem diodengepumpten Nd:YV04-Laser bei 532 nm
Quelle: FH Brandenburg

deren Durchmesser teils nur 0,01 Millimeter betragen. Eine elektrisch leitende Verbindung gelang zum Beispiel zwischen einem 1mm dicken Edelstahldraht und einem 0,3 mm dickem mit Lack isolierten Kupferdraht. Auch verzinntes Kupfermaterial mit einem Durchmesser von 0,8 mm auf der einen und eine Kupferlitze aus fünf Einzeldrähten mit einem Durchmesser von je 0,04 mm auf der anderen Seite konnte verbunden werden, trotz isolierender Lackschicht. In Brandenburg geht man davon aus, dass sich die Resultate noch deutlich steigern lassen werden.

Nur zwei von vielen Beispielen aus der Region. Auch der Fachbereich Elektrotechnik und Feinwerktechnik der Beuth Hochschule für Technik (ehemals Technische Fachhochschule Berlin) arbeitet an neuen Techniken für das lasergestützte Löten und Schweißen.

Das Fraunhofer Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik forscht an Verfahren zum Laser- und Hybridschweißen. Außerdem befasst man sich damit, wie sich harte Schneidwerkzeuge via Laser schärfen lassen, etwa solche aus Diamant. Pulse im Pikosekundenbereich könnten helfen, das Material zu glätten und mit Oberflächeneigenschaften zu versehen, die einen definierten Spanbruch

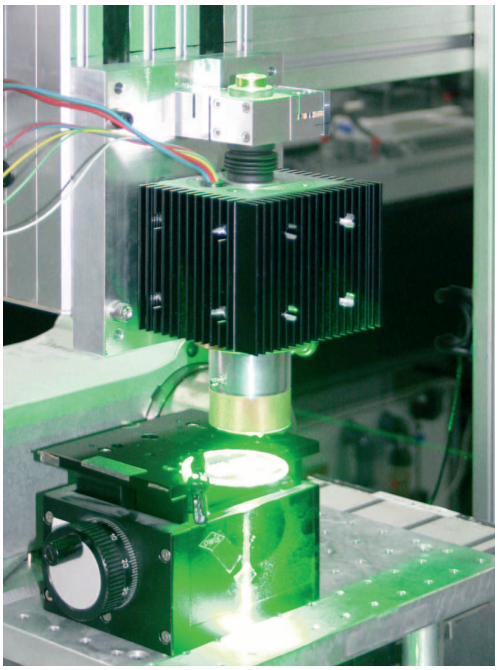


Bohrung mit kegelförmiger Verdickung, eingebracht durch die Trepanieroptik
Quelle: Laser- und Medizin-Technologie GmbH, Berlin (LMTB)

möglich machen. Das Institut für Optik und atomare Physik der TU-Berlin forscht zum Beispiel an Nahinfrarot-Lasern für die Glasbearbeitung sowie an Verfahren zum Perkussionsbohren, also dem Bohren von Material mittels gepulster Laserstrahlung. Das Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb der TU Berlin sucht nach Möglichkeiten, medizinische Implantate mittels Laserstrahl zu glätten.
Eng vernetzt mit den Berliner und Brandenburger Forschungseinrichtungen ist auch die Laser- und Medizintechnik Berlin (LMTB). Das gemeinnützige Institut unterhält Kooperationen mit allen drei Berliner Universitäten. Im Bereich Materialbearbeitung forscht man praxisorientiert an neuen Verfahren zur Präzisions- und Mikrobearbeitung von Metallen, Halbleitern und Keramik. Beispiele für die Forschungsaktivitäten sind zum Beispiel Projekte zum Abtrag dünner Schichten oder für die spannungsfreie Innenmarkierung von Glas.
Auch mit der Minimierung von Wärmeeinfluss und Spannungen beim Bohren von Mikrolöchern befasst sich die LMTB, außerdem sucht man Techniken zur präzisen und schonenden Teilung von Solarzellen. All dies geschieht mit Blick auf die kommende Anwendung der LMTB-Verfahren in der Industrie – neben Präzision stehen daher bereits in der Forschung Anforderungen an Geschwindigkeit und Kosten im Fokus. Im Solarbereich gelang es der Laser- und Medizin-Technologie Berlin (LMTB) zum Beispiel in der Vergangenheit, ein lasergestütztens Ritzverfahren zu entwickeln, dass es erstmals ermöglichte, mono- und polykristalline Silicium-Wafer sauber zu separieren, ohne dass die Photospannung der Zellen absank und ihr Wirkungsgrad gemindert wurde.

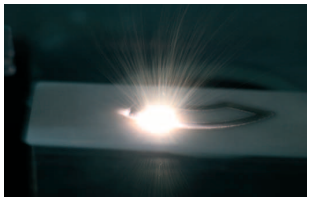
Lasermaterialbearbeitung zum Verschenken

Übrigens lässt sich Lasermaterialbearbeitung made in Berlin-Brandenburg auch gut in der heimischen Vitrine platzieren – und kann dabei ausgesprochen dekorativ aussehen. Mit den Erzeugnissen von Crystalix Evolution zum Beispiel. Das Unternehmen hat sich auf Glasinnengravuren spezialisiert, die man mit selbst entwickelten Maschinen durchführt. So lassen sich Fotos und auch dreidimensionale Porträts, Firmenlogos und andere Motive in das Innere eines Glasblock gravieren. Möglich ist das zum Beispiel im Shop des Unternehmens unter dem Potsdamer Platz. Und auch wer lieber Schmuck als Geschenke kauft, der könnte, ohne es zu wissen, mit einem Stück Lasermaterialbearbeitung heimkehren. Goldschmiede, wie zum Beispiel Strahler und Schuld in Berlin, nutzen Laserverfahren ganz selbstverständlich zur Schmuckherstellung.



Trepanieroptik bei der Glasbearbeitung mit frequenzverdoppeltem NdYAG ps-Laser (532nm)
Quelle: Laser- und Medizin-Technologie GmbH, Berlin (LMTB)

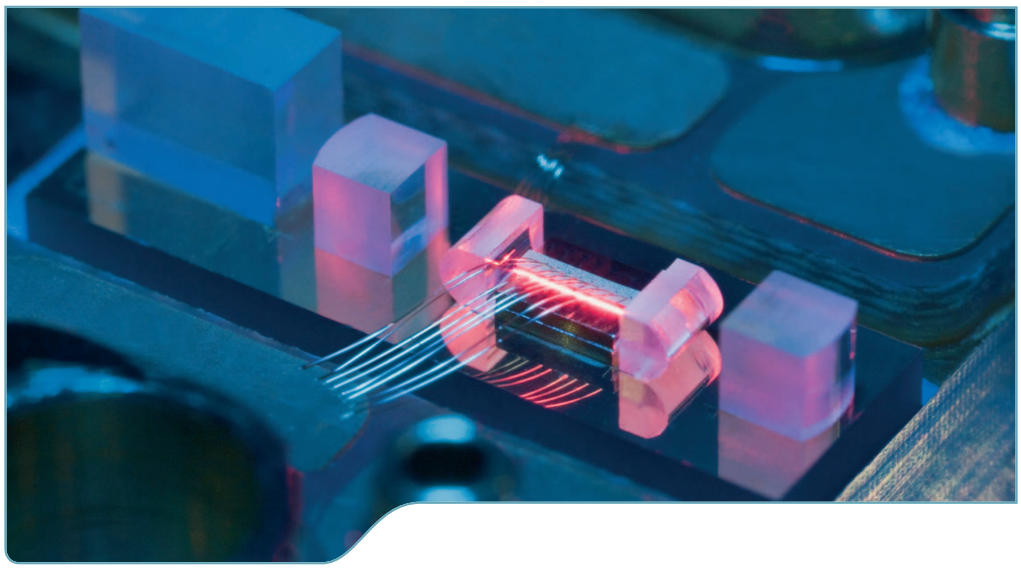
6.3



Bohrungen in Glas im Winkel eingebracht durch die Trepanieroptik (o.)

Leuchterscheinung bei der Bearbeitung von Keramik mit dem ps-Laser (u.)

Quelle: Laser- und Medizin-Technologie GmbH, Berlin (LMTB)



Kleiner als eine Streichholzschachtel: Mikrosystemlichtquelle für FreshScan
Quelle: Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik
© FBH/schurian.com

Kai Kolwitz

6.4

Messtechnik und Analytik

Messbare Größe – Laser-Messtechnik und Analytik in Berlin-Brandenburg

Ein Laser, der dabei hilft, verdorbenes Fleisch zu erkennen? Für einige könnte das im ersten Moment merkwürdig klingen. Doch diverse „Gammelfleisch"-Skandale haben das Thema in den Blickpunkt rücken lassen. Und die Idee ist nur ein Beispiel dafür, welche Fülle von Anwendungsmöglichkeiten laserspektrographische Verfahren bieten.

Das Prinzip hinter der Laserspektroskopie und damit hinter der Lebensmittel-Untersuchung ist leicht zu verstehen: Jeder Stoff absorbiert, streut und reflektiert das Laserlicht unterschiedlich, Atome können angeregt werden und emittieren dann Strahlung. Und all dies lässt sich messen.

Fleisch verändert sich stofflich, wenn es altert. Also ändern sich auch die Ergebnisse, wenn es spektroskopisch untersucht wird. Die Idee auszuarbeiten und in den praktischen Einsatz zu bringen, damit befasst sich das Projekt „FreshScan". Beteiligt sind das Institut für Optik und atomare Physik der TU Berlin, das Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik, das Fraunhofer-Institut Zuverlässigkeit und Mikrointegration sowie mehrere weitere Forschungseinrichtungen aus Berlin und Brandenburg.

Für die Begutachtung von Fleisch ersannen die Wissenschaftler eine Kombinantion aus Raman- und Fluoreszenz-Spektrographie. Die Raman-Spektroskopie nutzt dazu ein speziell entwickeltes optisches System, in das ein rot emittierender Diodenlaser integriert ist. Die gestreuten Raman-Stokes-Photonen werden faseroptisch in einer Auswerteeinheit detektiert und mittels PC statistisch ausgewertet. Bei der Fluoreszenz-Spektroskopie wird Fleisch mit einem Laser im blauen Spektralbereich bestrahlt und die Ergebnisse auf ähnliche Weise ausgewertet.

Ihre Forschung betrieben die Mitarbeiter des Projekts „FreshScan" zunächst an Schweinefleisch. Allerdings sind sie davon überzeugt, dass sich das Verfahren noch auf viele andere Sorten Lebensmittel wird ausdehnen lassen. Und damit „FreshScan" nicht nur als reines Laborverfahren, sondern auch im Kühlhaus oder im Supermarkt angewendet werden kann, wurde auch nach geeigneten Scannern gesucht. Ergebnis der Bemühungen ist eine Art „Laserpistole", also ein handlicher, tragbarer Scanner, der auf das zu untersuchende Gut gerichtet wird und direkt anzeigt, ob es genießbar oder verdorben ist.

Laserspektroskopische Verfahren bieten fast unendliche Möglichkeiten. Mit der Weiterentwicklung der Methoden und der Erschließung neuer Anwendungsgebiete befassen sich daher viele Forschungseinrichtungen in Berlin und Brandenburg: Das Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft und das Max-Born-Institut für Nichtlineare Optik und Grenzflächenspektroskopie betreiben Grundlagenforschung zum Thema, am Institute for Analytical Sciences (ISAS) untersucht man menschliche DNA spektroskopisch, das Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung entwickelt spektroskopische Messmethoden, deren Möglichkeiten von Biotechnologie bis zu Messungen an Beton reichen. Nur einige von vielen Beispielen.

Konstruktionsskizze des Frischescanners
Quelle: Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM

Laser finden Landminen und helfen Blinden

Auch in der Umweltanalytik spielt der Laser eine immer größere Rolle. So bietet etwa das Berliner Unternehmen Secopta tragbare Detektoren für die Schadstoffanalyse mittels „Laser Induced Breakdown Spectroscopy“, kurz LIBS.

Secopta ist eine Tochter des Berliner Unternehmens CryLaS und baut seine Produkte auf deren Lasern auf. Die Secopta-Detektoren arbeiten mit kurzen, energiereichen Laserpulsen. Durch sie wird die zu untersuchende Probe auf einige 10.000 Grad erhitzt, die entstehende Plasmastrahlung kann eingefangen und untersucht werden. Eine Analyse der Spektrallinien der emittierten Strahlung verrät, welche Stoffe sich zum Beispiel in kontaminiertem Boden befinden.

Kupferpellet im Laserstrahl
Quelle: Secopta GmbH

Auch zur Altmetallsortierung oder zur industriellen Prozesskontrolle lassen sich Secopta-Systeme nutzen. Ursprünglicher Unternehmenszweck war jedoch die Entwicklung von Technologie zur Suche nach Landminen und Explosivstoffen. Im Jahr 2007 erhielt das Unternehmen dafür den Technologiepreis der Wehrtechnischen Industrie. Ausgezeichnet wurde die Entwicklung einer „Laseroptischen Minensuchnadel“, die von der Secopta GmbH gemeinsam mit dem LaserAnwendungsZentrum (LAC) der TU Clausthal und dem Wehrwissenschaftlichen Institut für Werk- Explosiv- und Betriebsstoffe (WIWEB) der Bundeswehr realisiert wurde. Die Secopta-Technik kombiniert ein bewährtes mechanisches Verfahren mit Laserspektroskopie. So lassen sich Fehlalarme reduzieren und bereits vor der Freilegung der Mine genauere Erkenntnisse über deren Typ erlangen.

In Sachen Sicherheit ist auch die LTB Lasertechnik Berlin aktiv. Die Systeme des Unternehmen kommen im wissenschaftlichen und industriellen Kontext kommen zum Einsatz. Zur WM 2006 präsentierte man gemeinsam mit dem Lackhersteller Lanxess und der ebenfalls in Berlin beheimateten Gesellschaft für angewandte Informatik ein System zum Schutz vor Anschlägen vor. Dabei werden zu kontrollierende Flächen mit einem unsichtbaren Lack beschichtet, der unter Laserlicht fluoresziert.

Wird an einer so behandelten Fläche manipuliert, zum Beispiel ein Kanaldeckel in der Nähe einer Botschaft unerlaubt angehoben, wird dabei die Lackschicht beschädigt. Bei der Bestrahlung mit Laserlicht fällt das auf, die Kontrolltechnik kann auch in Helikoptern oder Autos installiert werden und erlaubt so schnelle Kontrollen auch größerer Bereiche.

Neben solcher Technologie bietet LTB Kurzpuls-Laser in gesamten optischen Spektralbereich, nicht zuletzt auch Stickstoff- und Farbstofflaser. Diese bilden die Basis für im Haus gefertigte hochauflösende Spektrometer, vor allem für LIBS- und Ramanspektroskopie sowie laseroptische Messsysteme. Einsatzgebiete für die LTB-Technik liegen neben dem Sicherheitsbereich zum Beispiel auch in Materialanalyse und Qualitätskontrolle.

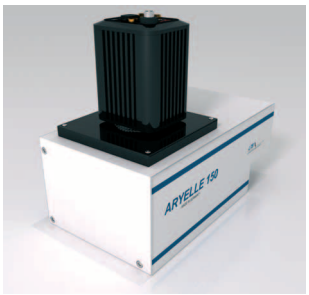
Auf spezielle Analytik mittels Laserspektroskopie hat sich auch der Berliner Unternehmen Adlares spezialisiert: Das Hauptprodukt ist ein Detektionsmodul, das vom Helikopter aus Gasleitungen auf Dichtigkeit prüfen kann. Das Verfahren wurde von Adlares mit Hilfe des in Teltow (Brandenburg) beheimateten Unternehmens Vistac entwickelt.

Dazu wird, GPS-gesteuert, ein infraroter Laserpuls auf die Gasleitung gefeuert. Die Wellenlänge des Laserlichts ist so gewählt, dass sie vom Hauptbestandteil des Gases absorbiert wird. Danach folgt ein Kontrollpuls einer anderen Wellenlänge. Mittels Detektoren wird ermittelt, welcher Anteil des Lichts zum Helikopter zurückgestreut wird – selbst kleine Undichtigkeiten können so entdeckt werden. Der E.on-Konzern nutzt die Berliner Technologie, um seine Gas-Pipelines zu kontrollieren. In abgewandelter Form ist es auf Gaz-de-France-Fahrzeugen montiert, die im städtischen Einsatz nach erhöhten Gaskonzentrationen suchen.

Proben unter dem Laserkopf
Quelle: Secopta GmbH

Analysesystem LIBS SORT
Quelle: Secopta GmbH

6.4



Spektrometer aus der sehr hochauflösenden Echelle-Spektrometerserie ARYELLE
Quelle: LTB Lasertechnik Berlin GmbH

6.4

Vor Ort verfügbar: Bauteile und Messtechnik

Berliner und Brandenburger Unternehmen und Wissenschaftlern hilft bei ihrer Entwicklungsarbeit, dass diverse Hersteller von Komponenten für Spektroskopie und andere lasermesstechnische Verfahren am Standort vertreten sind.

Viele Generalisten wie Jenoptik Diode Labs, Lumics, Berliner Glas, eagleyard oder Frank Optic Products liefern Komponenten, die sich für den Aufbau von Laser-Messeinrichtungen eignen – unter anderem in Spektroskopen, Atomuhren oder GPS-Satelliten und Bodenstationen. Die Festkörperlaser von IBL Innovative Berlin Laser kommen in der Forschung in Luft- und Raumfahrt zum Einsatz und werden in Lidar-Systemen verwendet.

Hinzu kommt eine ganze Reihe von Spezialisten: Kurzpuls-Lasersysteme für Spektroskopie und Oberflächenanalyse bietet etwa die Advanced Laser Diode Systems A.L.S. PicoQuant stellt komplette Fluoreszenz-Spektrometer her, auch L & M Laser- und Messtechnik in Werder / Havel ist auf dem Gebiet aktiv.

Noch spezieller wird es bei den Produkten des Hauses Becker & Hickl. Das Unternehmen hat sich auf die Fluorescence Lifetime Imaging Microscopy, kurz FLIM, spezialisiert. Bei diesem zeitaufgelösten Verfahren steht nicht die Fluoreszenz an sich im Mittelpunkt, sondern deren zeitlicher Verlauf. Damit lassen sich Untersuchungen bis auf die Ebene einzelner Photonen herunter durchführen. Die Technik von Becker & Hickl setzt auf Systemen von Zeiss, Leica oder Olympus auf.

Dazu bietet man Systeme zur Photonenzählung, Detektoren, die bis zu 16 FLIM-Signale in verschiedenen Wellenlängenbereichen simultan auffangen können, Diodenlaser im Picosekundenbereich sowie weitere Detektoren zur Photonenzählung.

Auch die Innovative Optische Messtechnik IOM bietet vom Technologiepark Adlershof aus Messsysteme für die Fluoreszenz-Analyse. Unter anderem stellt man Fluoreszenzspektrometer mit Nanosekunden-Zeitauflösung her, Detektoren, die native Fluoreszenzen erkennen können, sowie Technik zur Prozessüberwachung, die ebenfalls auf Basis gemessener Fluoreszenzen arbeitet. Auch ein Multifunktionsreader für Multiwellplatten ist im Angebot.

Aber Lasermess- und Laserüberwachungstechnik kann auch einfacheren Prinzipien folgen. Zum Beispiel in den Volumenmesssystemen des US-Herstellers Accu-Sort, dessen Europa-Zentrale sich in Kleinmachnow bei Berlin befindet. Eine Kombination aus CCD-Kamera und Laserdiode dient hier zum Scannen und zur Dreiecksvermessung und damit zur automatischen Ermittlung des Volumens von Paketen. Auch in den Barcode-Scannern von Accu-Sort kommen natürlich Laser zum Einsatz.

Die Polytec GmbH vertreibt von Berlin aus Messsysteme zur Analyse von Schwingungen, außerdem von Geschwindigkeiten, Längen und Oberflächentopographien. In vielen dieser Bereiche ist das Unternehmen Weltmarktführer, außerdem bietet man spektroskopische Messsysteme und komplette Lösungen für die analytische Messtechnik. Und als Dienstleiter in Sachen laseroptische Bewertungsmethoden kann die Berliner Nanotechnik und Design GmbH Entwicklern und Industrie helfen.

Berührungslose Schwingungsmesstechnik mit dem Polytec Laser Scanning Vibrometer (PSV)
Quelle: Polytec GmbH

Auch der Laserstrahl selbst wird vermessen

Doch die Anwendungsbereiche für Lasermesstechnik, die in Berlin und Brandenburg entwickelt wird, sind sogar noch breiter gefächert: Das Institut für Planetenforschung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt arbeitet zum Beispiel an Spektrometern

für den ferninfraroten Bereich. Durch Messungen im Terahertz-Bereich will man neue Erkenntnisse über die Entstehung von Sternen und Planeten erlangen. Mit Hilfe eines Laser-Altimeters an Bord einer Mondsonde gelang es dem DLR im vergangenen Jahr auch, eine Mondkarte mit bisher nicht gekannter Genauigkeit zu erstellen. Mittels Laser wurde der Himmelskörper abgetastet und die Zeit gemessen, bis Reflektionen aufgefangen wurden. Ergebnis: fünf Meter Genauigkeit statt bisher etwa 100.

Sowohl am Institut für Optik und Atomare Physik der Technischen Universität wie auch am Institut für Experimentalphysik der Freien Universität wird außerdem mit und an Lidar geforscht, also an „Light Detection und Ranging", mit dem ähnlich dem Radar Abstände und Geschwindigkeiten gemessen werden können. Einerseits geht es darum, die Technik an sich zu verfeinern, andererseits können per Lidar Erkenntnisse über zum Beispiel Wolkenformationen und Aerosolkonzentrationen in der Atmosphäre erlangt werden.

Auch am Ferdinand-Braun-Institut existiert eine Arbeitsgruppe Laser-Metrologie. Sie setzt sich sowohl mit lasergestützten Messverfahren auseinander wie auch mit der Entwicklung ultraschmalbandiger Laser, die zu Normungszwecken verwendet werden können oder für optische Präzisionsspektrographie, etwa in Atomuhren.

Und noch eine Forschungs- und Prüfeinrichtung gibt es natürlich, die sich am Standort Berlin mit Lasermesstechniken befasst: die Physikalisch-Technische Bundesanstalt PTB. Sie ist die deutsche Institution, in Sachen Messung, Normung und Kalibrierung geht. In Berlin befinden sich die Arbeitsbereiche „Temperatur- und Synchrotronstrahlung" sowie „Medizinphysik und Metrologische Informationstechnik". Hier wird Grundlagenforschung geleistet, aber auch ganz nah an der Praxis gearbeitet.

Im medizinischen Bereich befasst man sich an der PTB in Berlin zum Beispiel mit der Weiterentwicklung der Laser-Durchflusszytometrie. Bei diesem Verfahren treten Blutzellen einzeln nacheinander durch die Foki mehrerer Laserstrahlen. Für jede Zelle kann so die Lichtstreuung und, bei Verwendung von Fluoreszenzfarbstoffen, auch die Laser-induzierte Fluoreszenz registriert werden. Diese Beschaffenheitsuntersuchungen bieten Hilfe in Diagnostik und Therapiekontrolle.

Ein weiterer Schwerpunkt der Berliner Forschung der PTB ist die Terahertz-Strahlung. Diese Strahlung befindet sich im Frequenzbereich zwischen Mikrowellen und dem langwelligen Infrarot, also im Grenzbereich dessen, was noch mittels Laser erzeugt werden kann. Terahertz-Strahlung wird in Spektroskopie, Analytik und Astronomie eingesetzt, sie erlaubt zerstörungsfreie Materialprüfung, Qualitätsüberwachung von Nahrungsmitteln, Umweltüberwachung - und nicht zuletzt Sicherheitsüberprüfungen. Denn sie durchdringt viele organische Materialien, zum Beispiel Kleidung und kann außerdem spektroskopische Informationen über sicherheitsrelevante Materialien liefern. In menschliches Gewebe dringt Terahertz-Strahlung dagegen kaum ein. Die Technologie der momentan heiß diskutierten Körper- oder „Nacktscanner" basiert auf dieser Strahlungsart.

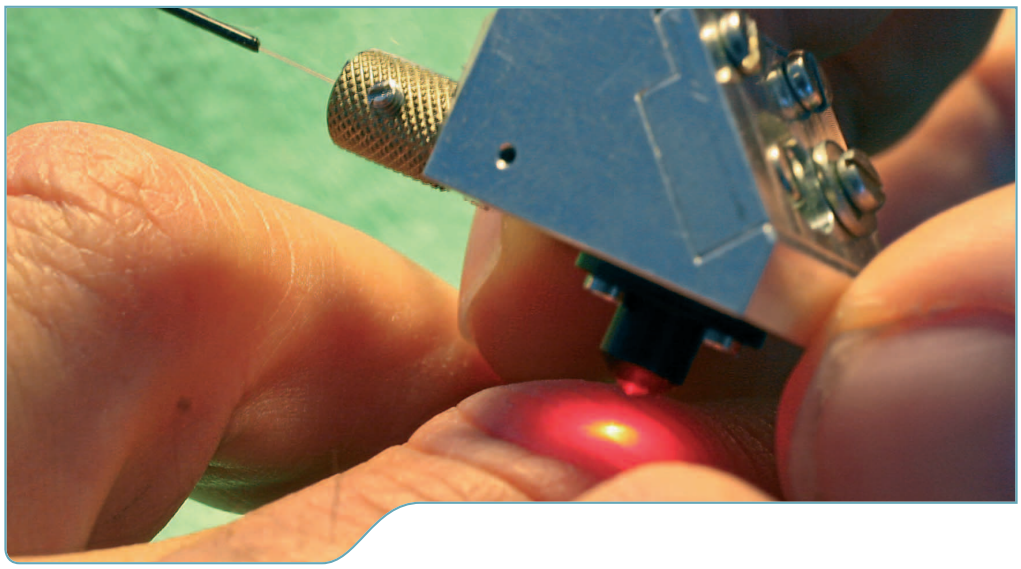
Doch vor dem Praxiseinsatz stand die exakte Vermessung, um Gesundheitsschäden auszuschließen. Der PTB gelang es als erster Institution, einen kommerziellen Terahertz-Laser auf das Internationale Einheitensystem SI zurückzuführen und seine Leistung absolut zu messen. Dies geschah in Zusammenarbeit mit dem Hersteller des Lasers, dem US-Unternehmen Coherent. Die PTB setzte dazu ein Kryoradiometer ein, das deutsche Primärnormal für Leistungsmessungen elektromagnetischer Strahlung. Das zeigt: Mit Lasern lässt sich nicht nur messen und analysieren, sondern auch ihre eigenen Eigenschaften müssen überprüft werden. Im privatwirtschaftlichen Bereich ist hier im Berliner Raum das Neuenhagener Unternehmen Sensor- und Lasertechnik Dr. W. Bohmeyer aktiv. Man bietet Messköpfe zur Energie- und Leistungsmessung, Anzeigegeräte und Zubehör. Die Technologie ist sowohl als Standalone-Lösung wie auch in Form von OEM-Produkten für den Einbau in kommerzielle Laser verfügbar. Außerdem bietet man im OEM-Bereich die Entwicklung von Systemen nach Kundenwunsch. Dabei bietet Sensor- und Lasertechnik sowohl Sensoren für Impulslaser mit hoher Impulsenergie und hoher Wiederholfrequenz als auch breitbandige Sensoren mit hoher Empfindlichkeit.

Und Laser können auch Menschen mit Behinderungen den Alltag sehr erleichtern. Das zeigt eins der Produkte des Unternehmens Vistac: Ein Blindenstock, der zusätzlich per Laser die Umgebung scannt und vor Hindernissen warnt. Emitter und Detektor im Griff des Stocks suchen im Oberkörper- und Kopfbereich nach Reflektionen von ausgesendetem Licht. Warnungen erfolgen per Vibration im Griff. Außerdem erledigt Vistac als Dienstleister Entwicklungsaufträge für Industrieunternehmen. Das Prinzip des Blindenstocks nutzt man inzwischen auch für Anwendungen im industriellen Kontext, etwa für Kollisionsschutzsensoren auf Laserbasis.

Also, Blinde sehend machen, das können Laser noch nicht. Aber sie können dabei helfen, den fehlenden Sinn zu ersetzen. Und sie machen vieles sichtbar, was dem menschlichen Auge verborgen bleibt. Und die Region Berlin-Brandenburg nimmt dabei eine führende Stellung ein.

6.4

Einfach mehr Sicherheit: Der Langstock mit integrierter Lasertechnik für den Oberkörperschutz
Quelle: Vistac GmbH



Von der LMTB entwickelter mobiler Mikroscanner für den Einsatz als konfokales LSM im klinischen Umfeld
Quelle: Laser- und Medizin-Technologie GmbH, Berlin (LMTB)

Kai Kolwitz

6.5

Medizin und Biotechnologie

Licht kann Leben retten – Laser aus Berlin-Brandenburg in Medizin und Biotechnologie

Inzwischen ist er ein ganz normales Medizintechnik-Produkt: das Modell „Limes 16-P" des Herstellers LTB Lasertechnik Berlin. Ein großer Kasten, ein Scannerarm, daneben ein PC, an den zwei Monitore angeschlossen sind. Doch das Gerät kann Leben retten. Denn es ist in der Lage, schon im sehr frühen Stadium zu erkennen, ob eine Hautverfärbung harmlos ist, oder ob sich hinter dem Fleck der gefürchtete schwarze Hautkrebs verbirgt. Die Diagnose funktioniert mit fast 100-prozentiger Zuverlässigkeit, Gewebeproben müssen nicht entnommen und im Labor analysiert werden.

Prototyp LIMES 16-P Diagnostikgerät zur Früherkennung von schwarzem Hautkrebs
Quelle: LTB Lasertechnik Berlin GmbH

Die Entwicklung bedeutete einen Durchbruch im Kampf gegen die tödliche Krankheit. Und sie ist ein gutes Beispiel dafür, wie sich Forschung aus Berlin und Brandenburg in Zusammenarbeit mit Unternehmen aus der Region in marktfähige Produkte verwandeln lässt.

Denn vor rund zehn Jahren begann man am Berliner Max-Born-Institut für nichtlineare Optik und Kurzzeitspektroskopie, sich des Themas anzunehmen. Die nicht invasive Diagnose des schwarzen Hautkrebses galt als schwierig. Die Fluoreszenzspektrographie, mit der man in anderen Bereichen der Diagnostik gute Erfahrungen gemacht hatte, schien hier nicht zu funktionieren. Denn zwar wusste man, dass sich der Frühindikator, Veränderungen im Hautfarbstoff Melanin, grundsätzlich an der Fluoreszenz des Farbstoffs erkennen ließ. Aber die Signale waren sehr schwach, sie wurden bei der Untersuchung von anderen überstrahlt.

Doch am Max-Born-Institut entdeckte man, dass sich im nah-infraroten Bereich, bei etwa 800 Nanometer, eine nutzbare Absorption detektieren ließ. Allerdings nur dann, wenn es gelang, die Farbstoffatome so anzuregen, dass die Atome benachbarten Gewebes nicht angeregt wurden.

Dies wiederum war allerdings zunächst nur mit Lasern mit einer Pulslänge im Femtosekundenbereich möglich (auch wenn das marktreife Gerät letztendlich doch mit Nanosekunden-Pulsen arbeitet). Und diese Technik mussten die Forscher erst einmal entwickeln und für den praktischen Einsatz nutzbar machen. Von Untersuchungen an Hautproben führte der Weg bis zur Entwicklung eines transportablen Geräts, dass es erlaubte, die Patienten zu untersuchen, ohne mit dem Skalpell Proben entnehmen zu müssen. Mit daran beteiligt war die LTB Lasertechnik Berlin, rund zehn Jahre dauerte es vom Beginn der Forschung bis zur Markteinführung des fertigen Diagnosegeräts.

Rund 2000 Menschen sterben jährlich in Deutschland am schwarzen Hautkrebs, der Limes 16-P ist heute eine große Hilfe dabei, diese Zahl zu senken.

Mikrokapseln und Blutkonserven – und was Laser damit zu tun haben

Max-Born-Institut und LTB sind bei weitem nicht die einzigen, die in Berlin und Brandenburg daran arbeiten, Lasertechnik nutzbar für Diagnose und Therapie zu machen. Laserspektroskopische Methoden, ihre Weiterentwicklung und Nutzbarmachung für neue Anwendungsgebiete gehören für medizinische, biologische und biochemische Forschungseinrichtungen der Region zum normalen Tagesgeschäft.

Am Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung im brandenburgischen Golm zum Beispiel laufen eine ganze Reihe von Projekten, in denen der Laser eine Rolle spielt. Die Spektroskopie leistet hier gute Dienste, etwa, wenn es darum geht, kleinste Bauelemente zu untersuchen. In Golm forscht man an Mikrokapseln zur Einschleusung in den menschlichen Körper. In Zukunft könnten sie dazu genutzt werden, Medikamente punktgenau an Tumorzellen anzudocken. Oberflächenverstärkte Ramanspektroskopie hilft den Forschern bei der Kontrolle der Güte der Mikrokapseln.

Auch wenn sich solche Kapseln bereits im Körper befinden, kann der Laser helfen. So werden Mikrokapseln in Golm in die Immunabwehr von Nagetieren eingeschleust. Im Inneren der Zelle müssen sie geöffnet werden, um Marker freizusetzen – als Werkzeug dazu dient ein Infrarotlaser. Dieser schädigt die Zellen nicht, bringt aber Nano-Goldpartikel in der Hülle der Kapsel zum Schmelzen und setzt so die Marker im Inneren frei.

In vielen ihrer Projekte wollen die Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts von der Natur lernen und sich in die Lage versetzen, biologische Prozesse in anderen Kontexten nachzuahmen und nutzbar zu machen. Grundlagenforschung, auch wenn die Umsetzung immer wieder verblüffend schnell gelingt. Dabei hilft die räumliche Nähe zum Standort Golm des Fraunhofer-Instituts für biomedizinische Technik (IBMT). Die Schwerpunkte hier liegen in verwandten Bereichen: Biochips, Biosensorik und Nanomedizin. Laser nutzt man hier zum Beispiel zur Nanostrukturierung und als Werkzeug bei Forschung auf zellulärer Ebene. Man betreibt Multiphotonen-Lasermikroskopie mittels IR-Femtosekunden-Laser.

Ganz nah an der Praxis angesiedelt ist dagegen eine Institution in der Berliner medizintechnischen Forschungslandschaft – die Laser- und Medizin-Technologie GmbH, Berlin (LMTB). Das gemeinnützige Institut für Forschung, Entwicklung und Weiterbildung in der Biomedizinischen Optik entstand 1995 aus der Fusion von Laser-Medizin-Zentrum (LMZ) und Festkörper-Laser-Institut (FLI). Man kooperiert mit der Charité, mit den drei großen Berliner Hochschulen sowie vielen weiteren Forschungseinrichtungen der Region. Ziel ist die Überführung der Technologien in die Praxis, wie weiter unten am Beispiel der Laserlithotripsie (Freddy) zu sehen ist.

Herausragende Kompetenz besitzt die LMTB vor allem auf den Gebieten der analytischen und bildgebenden Diagnostik, der minimal-invasiven Therapie und der Laserpräzisionsbearbeitung. Auch hier arbeitet man daran, Fluoreszenz-, Absorptions- und Raman-Signale für die Diagnostik zu nutzen und in bildgebende Verfahren umzusetzen. Dabei gewinnt die molekulare Diagnostik zunehmen an Bedeutung, denn so lassen sich die Erkenntnisse der molekularen Medizin nutzbringend anwenden. Ein Beispiel aus der LMTB ist die Entwicklung einer Methode zur Früherkennung von Darmkrebs ohne Probenentnahme. Mit zur Forschung gehören dabei auch Korrekturalgorithmen, um den Einfluss des umgebenden Gewebes aus den Messergebnissen eliminieren zu können.

Übrigens lassen sich via Fluoreszenz auch Verschmutzungen an medizinischen Instrumenten erkennen. Und zur Blutdiagnostik eignen sich spektroskopische Methoden ebenfalls. Anhand von Streuung und Absorption lassen sich Anteil der roten Blutkörperchen, Sauerstoffaufnahme und Blutveränderungen erkennen. Parallel forscht man an Methoden, mittels Laser-Doppler-Verfahren die Gewebedurchblutung zu messen. Dass die LMTB bei ihrer Forschung immer auch die Umsetzung in die Praxis im Auge hat, zeigen in Berlin entwickelte Sensoren für Herz-Lungen-Maschinen und zur Überprüfung von Blutkonserven durch den Beutel hindurch. Auch entwickelte LMTB Handgeräte wie etwa einen mobilen Mikro-Laserscanner, der als Bauteil eines Laser-Scan-Mikroskop funktioniert und für Haut- und Gewebeuntersuchungen verwendet werden kann.

Einen weiteren Forschungsschwerpunkt der LMTB bildet die minimal-invasive Chirurgie mittels Laser. Und durch ihre thermische Wirkung ist Laserstrahlung sogar in der Lage, gezielt Tumore, etwa in der Leber, zu zerstören. Auch an solchen Methoden forscht man in Berlin und überführt sie in die klinische Validierung. Dabei kooperiert die LMTB meist intensiv mit der Charité. Aus dieser Zusammenarbeit ist auch der so genannte „Rheuma-Scanner" hervor gegangen, an dem auch die Columbia-University in New York beteiligt ist. Mit diesem Gerät werden Gewebeveränderungen anhand kleiner Änderungen der Streulichtverteilung um die Fingergelenke sichtbar. So kann Rheuma oder Arthritis schon im frühen Stadium diagnostiziert werden.

Aus der Forschung in die Praxis – Anbieter in Berlin und Brandenburg

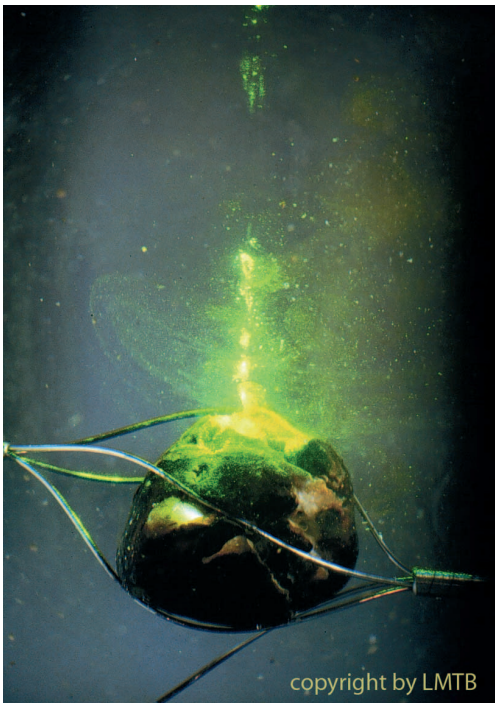
Ob Tumor-Therapie, das Entfernen von Nieren- und Gallensteinen, die Korrektur von Augenfehlern oder die Entfernung von Tätowierungen. Laser sind in medizinischer Hinsicht in vielen Bereichen längst dem Experimentalstadium entwachsen und finden sich in vielen Krankenhäusern und Arztpraxen. Dabei

stehen die Chancen nicht schlecht, dass die Technologie in Berlin oder Brandenburg hergestellt wurde. Denn auch eine ganze Reihe von Herstellern von medizinischen Lasergeräten finden sich in der Region.

6.5

Das multifunktionale Laser-System Multiline™
Quelle: Linline GmbH

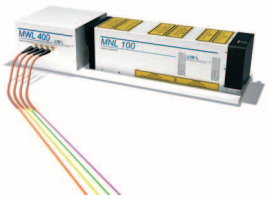
Der Name Linline etwa steht für „Laser Instruments New Line". Das Unternehmen hat zum Teil seine eigenen Verfahren entwickelt, um Laserstrahlung möglichst schonend am menschlichen Körper anwenden zu können, und war Pionier bei der medizinischen Anwendung von Pulsen im Nanosekundenbereich. Kernprodukt von Lineline ist das Multiline-System, das aus einem mobilen Basissystem mit verschiedenen austauschbaren Laserköpfen besteht.
Je nach Bestückung eignet sich Multiline daher für eine große Spannweite von Anwendungen: Ausgerüstet mit einem Nd:YAP-Langimpuls-Lasermodul funktioniert es als Laserskalpell, mit dem zum Beispiel Narben oder Warzen entfernt werden können. Bei der Entfernung von Tätowierungen und Pigmentstörungen kommt ein Rubinlaser zum Einsatz, mit anderen Aufsätzen sind Behandlung von Gefäßkrankheiten, Laserepilation oder die Photoverjüngung der Haut möglich.
Limmer Laser hat seit kurzem den ersten Hochleistungs-Diodenlaser im Angebot, der für medizinische Zwecke zugelassen ist. Der Diolas LFD Advanced kann zum Beispiel für die Behandlungen von Tumoren in der Blase oder für Indikationen benutzt werden, die Brustkorb und Bauchraum betreffen. Limmer verspricht in diesen Fällen geringere Blutungen als bei der Verwendung von konventionellen Nd:YAG-Lasern und damit schnellere Operations- und kürzere Erholungszeiten.
Der Diolas LFD 3000, ebenfalls ein Diodenlaser, wird für die Bereiche Urologie und Urogynäkologie empfohlen und eignet sich für Anwendungen von der Prostatabehandlung bis zur Zertrümmerung von Steinen. Weitere Laser von Limmer arbeiten mit den Medien CO_2 und Er:YAG, etwa ein Laserskalpellsystem auf CO_2-Basis oder Geräte für Anwendungen in der Zahn- oder HNO-Medizin. Aufsetzbare Scannermodule erweitern das Behandlungsspektrum zum Beispiel auf die Entfernung von Falten oder Akne.
Die World of Medicine AG bietet von Berlin aus medizinische Laser an. Die hauseigene Freddy-Lasertechnologie auf Festkörperbasis, die aus in der LMTB erarbeiteten Grundlagen entstammt, bietet man als Alternative zum Farbstofflaser an. Sie erreicht den Pulsdauerbereich von 200 Nanosekunden bis 2,5 Mikrosekunden bei Laserenergien von 100 bis 250 Millijoule und liegt damit genau zwischen gütegeschalteten und freilaufenden Festkörperlasern.



Laserfragmentierung von Körperkonkrementen (hier ein Gallenstein) mit der FREDDY®-Technologie
Quelle: Laser- und Medizin-Technologie GmbH, Berlin (LMTB)

Verwendet werden die Laser von World of Medicine vor allem zur Entfernung von Gallen- und Nierensteinen. Allerdings wären auch andere Anwendungen denkbar, etwa die Reinigung von Oberflächen oder Kunstwerken. Außerdem hat World of Medicine einen Faserapplikator im Angebot, der aufgearbeitet werden kann und autoklavierbar ist, also mit gängigem Klinikgerät sterilisiert werden kann.
Fasern für den Einsatz in der Medizin kann auch Frank Optic Products anbieten. Man stellt Produktlinien her, die deshalb mit Blick auf Wiederverwendbarkeit und automatische Sterilisierbarkeit entwickelt wurden. Im Gegensatz zu konventionellen Fasern bestehen sie aus Materialien, die beständig

gegen heißen Wasserdampf sind – damit können die Strahlführungssysteme komplett mit Handgriff im Autoklaven sterilisiert werden. Das senkt die Verbrauchskosten und erleichtert das Handling.
CryLaS empfiehlt seine diodengepumpten Festkörperlaser ebenfalls für medizinische und kosmetische Anwendungen. Und auch LTB Lasertechnik Berlin hat nicht nur das oben beschriebene System zur Erkennung von Hautkrebs im Angebot. Zudem bietet man Laserquellen und Spektrometer für die medizinische Diagnostik. Im Laserbereich umfasst das Angebot mehrere Stickstofflaser, die mit Wellenlänge 337,1 abstrahlen. Der MNL 300 UV etwa bietet bis zu 16 Kilowatt Pulsleistung und 300 Hertz Wiederholrate. Hinzu kommen Farbstofflaser wie der MWL 400 Multi-Wellenlängen-Laser. Zum Teil bieten die Geräte automatische Durchstimmbarkeit. Spektrometer bietet man für LIBS und Raman-Spektroskopie an.
Mit Analysetechnik für Fluoreszenzspektroskopie und Gewebediagnostik befasst sich auch die Innovative Optische Messtechnik IOM, die ihren Sitz ebenfalls in Berlin hat. So bietet man ein faseroptisches Fluoreszenzspektrometer mit Nanosekunden-Zeitauflösung in Rack-Bauweise. Das Gerät arbeitet mit faseroptischen Sonden, die Anregung der Proben kann durch Filterwechsel vom ultravioletten bis in den nah-infraroten Bereich variiert werden.
Außerdem produziert IOM ein Modul zur hochselektiven Analyse des Stoffwechsels von Gewebe- und Zellkulturen. Das Gerät analysiert dazu ebenfalls Fluoreszenzen. Es arbeitet nichtinvasiv und ebenfalls mit sterilisierbaren faseroptischen Sonden, die IOM ebenfalls anbietet und nach Kundenspezifikationen fertigen kann.
Und natürlich hat die Region noch weitere Basiskomponenten für die Medizintechnik zu bieten. Dioden und Module von lokalen Herstellern, zum Beispiel eagleyard, Jenoptik Diode Lab oder Lumics kommen hier zum Einsatz.
Was Unternehmen und Forschungseinrichtungen eint, ist – sie sind innovativ, professionell und wissensdurstig. Lasertechnik aus Berlin und Brandenburg rettet Leben, jeden Tag.



Multiwellenlängenlaser MWL400, der gepulstes Laserlicht in bis zu 8 Wellenlängen gleichzeitig oder nacheinander zur Verfügung stellt
Quelle:
LTB Lasertechnik Berlin GmbH

6.5

Strahlquelle für die medizinische Therapie
Quelle: Lumics GmbH

Diodenlasermodul aus dem Ferdinand-Braun-Institut, das die Wellenlänge mittels Frequenzkonversion vom infraroten in den sichtbaren Spektralbereich umwandelt
Quelle: Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik
© FBH/schurian.com

Kai Kolwitz

6.6

Informations- und Kommunikationstechnologie

Leuchten in der Leitung: Laserkomponenten für die Kommunikation aus Berlin-Brandenburg

Schärfer, bunter und leichter als herkömmliche Projektoren könnten sie sein: Geräte, die Bilder per Laser auf Wände und Leinwände projizieren. Und die Technik existiert sogar schon. Allerdings sind gängige Laserprojektoren zu groß, zu schwer und zu teuer, um eine Alternative zu konventioneller Technik für Wohnzimmer und Büro zu sein.

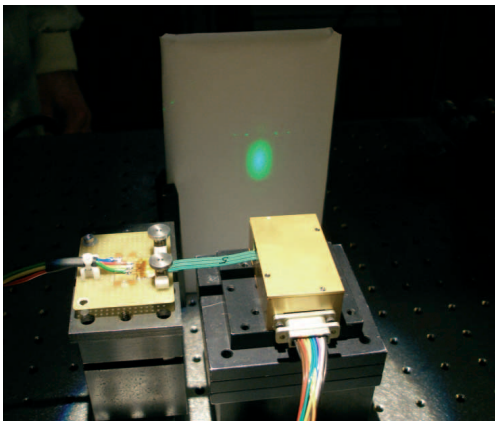
Laserdioden oder komplexere Halbleiter-Konstruktionen, die Licht in den drei benötigten Farbkomponenten rot, grün und blau zur Verfügung stellen, könnten das ändern. Wem hier der Durchbruch gelingt, dem winken weltweite Marktchancen in vielen verschiedenen Anwendungen.

Bei der Komponente Rot scheint das Problem gelöst zu sein. Der Wettbewerb konzentriert sich deshalb auf Bauteile, die grünes und blaues Licht liefern können. Und hier befindet sich die Region Berlin-Brandenburg in der Spitzengruppe: Am Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik (FBH), ist es auf der optischen Bank bereits gelungen, das begehrte blaue Licht herzustellen.

Als Quelle dient ein DBR-Trapezlaser, der Licht mit 976 Nanometer Wellenlänge liefert. Mit Hilfe eines Kristalls aus Lithiumniobat wird die Wellenlänge halbiert, Laserlicht mit 488 nm Wellenlänge entsteht – nicht mehr weit entfernt von den 460 nm, die als ideal angesehen werden. Jetzt geht es darum, Komponenten zu miniaturisieren, sie standfest zu machen und so viel Ausgangsleistung zu erreichen, dass kontrastreiche, brillante Bilder möglich werden.

Möglicherweise lässt sich das begehrte blaue und grüne Licht aber auch ohne Frequenzverdoppelung erlangen. Große Hoffnungen verbinden sich hier mit dem Material Galliumnitrid. Die Realisierung von hocheffizienten InGaN-Nanomaterialien und darauf basierend die Entwicklung von GaN-basierten Laserdioden hoher Brillanz im blau-grünen Spektralbereich ist eines der Teilvorhaben eines Sonderforschungsbereichs der TU Berlin. An der Forschung beteiligt ist auch hier wieder das FBH. Allerdings ist hier noch grundsätzliche Arbeit zu leisten. Denn erst einmal gilt es Methoden zu finden, mit denen sich nutzbare Kristallstrukturen ohne zu großen Aufwand erzeugen lassen.

Kurz vor der Serienreife sind dagegen schon Mikroprojektoren für den mobilen Einsatz, die zum Beispiel in Mobiltelefone oder Spielekonsolen eingebaut



Grüner amplitudenmodulierter Laser
Quelle: Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM

werden könnten. Die benötigten Ausgangsleistungen sind hier geringer – und auch hier liegt Berlin mit an der Weltspitze: Im Prototypenstadium existiert der Prototyp eines direkt modulierbaren grünen Lasers schon seit zwei Jahren bei der Firma eagleyard Photonics. Auch hier stand das FBH am Anfang der Entwicklung, auch hier dient eine infrarot ausstrahlende Laserdiode als Quelle, deren Frequenz mittels Kristall verdoppelt wird. Eine weitere Berliner Forschungsinstitution, das Fraunhofer Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration (IZM) realisierte das Testmodul und arbeitet an der Verbindungstechnik für Laser und Kristall. Das IZM ist spezialisiert auf die Miniaturisierung und das Packaging solcher Komponenten.

Daten unterbringen: Laserlicht für neue Speicherkomponenten

Aber natürlich müssen Daten nicht nur übertragen, sondern auch gespeichert und wieder gelesen werden. Dass der Laser hier schon seit vielen Jahren eine wichtige Rolle spielt, dafür stehen nicht zuletzt CD-, DVD- und BluRay-Laufwerke. Doch die Kapazität solcher Medien könnte noch gesteigert werden, davon ist man bei der Arbeitsgruppe Optische Technologien am Institut für Optik und Atomare Physik der Technischen Universität Berlin überzeugt – unter anderem mit Hilfe des Einsatzes verschiedenfarbiger Laser.

Ziel der TU-Forschung ist es, eine neue Generation optischer Speicherdisks zu entwickeln, die bei derselben Größe einer DVD den hundertfachen Dateninhalt aufnehmen können. Das Prinzip: In der Mikroholographie entstehen Bits und Bytes aus winzig kleinen Hologrammen, die mit stark fokussierten Laserstrahlen geschrieben und gelesen werden. Da im Unterschied zur DVD die Daten tragende Photopolymerdisk transparent ist, wird als dritte Dimension auch die Tiefe des Speichermediums genutzt, um die Kapazität enorm zu steigern. Und auch hier lässt sich noch eine vierte Dimension hinzufügen, indem man die Wellenlängenselektivität nutzt und solche HoloBits mit verschiedenfarbigen Lasern überlappend auf das Medium schreibt.

Der Arbeitsgruppe ist es bereits gelungen, auf einer üblichen 12-Zentimeter-Disk eine Speicherdichte von etwa 500 Gigabyte zu demonstrieren. Gleichzeitig ist ein erstes Laufwerk im Labor entstanden, das nun in enger Zusammenarbeit mit amerikanischen Photopolymerdisk-Herstellern das volle Potential dieser Technologie in einem kompakten Disk & Drive System entfalten und bis zu 1000 GB Speicherkapazität erreichen soll.

Und auch am Paul-Drude-Institut für Festkörperelektronik wird an neuen Generationen von Datenspeichern geforscht. An solchen, die nichtflüchtig sind wie Festplatten oder Flash-Disc. Allerdings schneller und leistungsfähiger. Im Fokus dabei, der Laser und eine Legierung aus Germanium, Antimon und Tellur, genannt Ge2Sb2Te5 (GST). Mit dem Material verbindet sich ein interessantes Phänomen: Speicher, die auf ihm basieren, werden bereits in Serie gebaut, allerdings ist das Prinzip noch nicht verstanden.

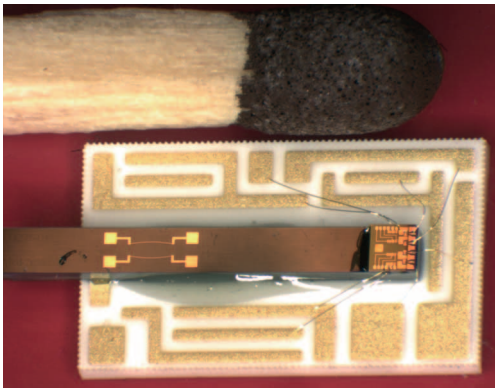
Was man weiß, ist, dass es die Eigenschaften eines Halbleiters und eine Bandlücke im infraroten Bereich besitzt. Unter dem Beschuss von Laserpulsen kann GST zudem vom kristallinen in den amorphen Zustand und zurück wechseln, also von der atomaren Gitterstruktur in den ungeordneten Zustand und umgekehrt. Die Forscher des Paul-Drude-Instituts gehen davon aus, dass sich auf Basis dieses Prinzips Speicherelemente realisieren lassen könnten, die bis zu 1000-mal schneller sind als heute gebräuchliche Flash-Speicher. Man arbeitet nun daran, das Material grundlegend zu verstehen, um sein Potential voll nutzen zu können.

Datenübertragung mit Lichtgeschwindigkeit

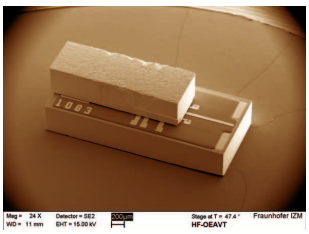
Geht es um schnelle Datenübertragung, dann führt an der Optik kein Weg vorbei: Laser pumpen die Informationen in Glasfasernetze, optische Detektoren sind am anderen Ende der Leitung dafür zuständig, Nullen und Einsen korrekt zu registrieren, damit aus ihnen wieder die Ausgangsinformationen zusammengesetzt werden können. Allerdings steigen sowohl die Menge der weltweit übertragenen Informationen wie auch die Ansprüche an die Übertragungsgeschwindigkeit immer weiter an.

Nötig sind deshalb immer schnellere Laser und Detektoren. Mit deren Entwicklung beschäftigt sich in Berlin das vom Zukunftsfonds geförderte Projekt 100x100 Optics (100 Mbit/s für 100 Millionen Nutzer), dessen Endziel es ist, Technologien für die Datenübertragung mit bis zu 100 Gbit/s, zum Beispiel für das Internet der Zukunft zu entwickeln. Beteiligt sind das Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut (HHI), der Komponentenhersteller u2t Photonics sowie das Institut für Festkörperphysik der Technischen Universität Berlin.

In heutigen Glasfasernetzen wird die Information durch Intensitätsmodulation von Laserlicht übertragen. Bei sehr hohen Modulationsraten beschränken Fasereigenschaften wie Dispersion und nichtlineare optische Effekte in zunehmendem Maße die Übertragung der Lichtimpulse (Bits) über längere Faserstrecken, wie sie in Telekommunikationsnetzen üblich sind.



Optischer Empfängerchip auf Polymerbasis mit hybrid integriertem 4-fach Photodioden-Array zur Demodulation der Phaseninformation
Quelle:
Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut (HHI)

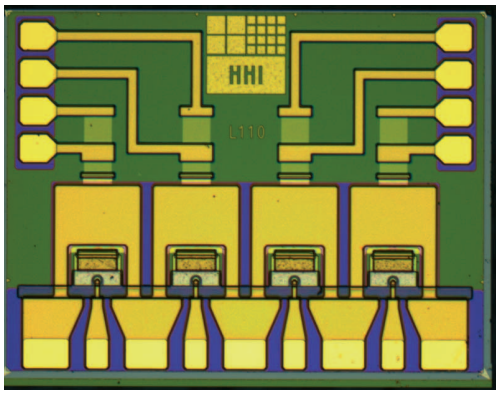


10 Gbit/s Ethernet-Sende- und Empfangsmodul
Quelle:
Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM

6.6

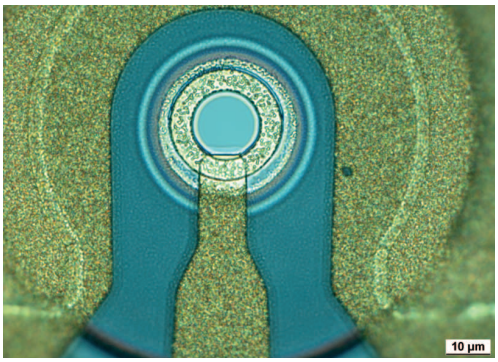
Als erfolgreicher Ausweg wurden in den letzten Jahren optische Modulationsverfahren entwickelt, bei denen nicht die Intensität, sondern die optische Phasenlage der Lichtwelle geschaltet wird. Senderseitig wird diese sogenannte Phasenmodulation mittels elektro-optischen Mach-Zehnder-Interferometern als Kernbauelement realisiert. Auf der Empfangsseite benötigt man optische Empfänger, welche die Phaseninformationen wieder demodulieren können. Solche phasensensitiven optischen Empfänger werden im Projekt 100x100 Optics auf Basis integrierter Polymerwellenleiter-Chips entwikkelt.

In Datennetzen mit typischen Übertragungsstrecken vom Meter- bis in den unteren Kilometerbereich beeinflussen die Glasfasern die Lichtübertragung weit weniger. Aus Kostengründen wird hier weiterhin die konventionelle Intensitätsmodulation dominieren. Allerdings sind heute keine Sendelaser in Sicht, die eine 100 Gbit/s-Direktmodulation erlauben. Deshalb wird als praktikable Lösung eine Multiplextechnik verfolgt, bei der die Datenströme von vier 25 Gbit/s tauglichen Lasern mit jeweils leicht unterschiedlichen Wellenlängen zu einer Gesamtbitrate von 100 Gbit/s vereint werden. Im Projekt werden entsprechende 25 Gbit/s-Laserdioden, deren Licht durch einen integrierten Intensitätsmodulator geschaltet



4-fach Photodioden-Array auf InP-Basis mit integriertem Bias-T für 4x25 Gbit/s
Quelle: Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut (HHI)

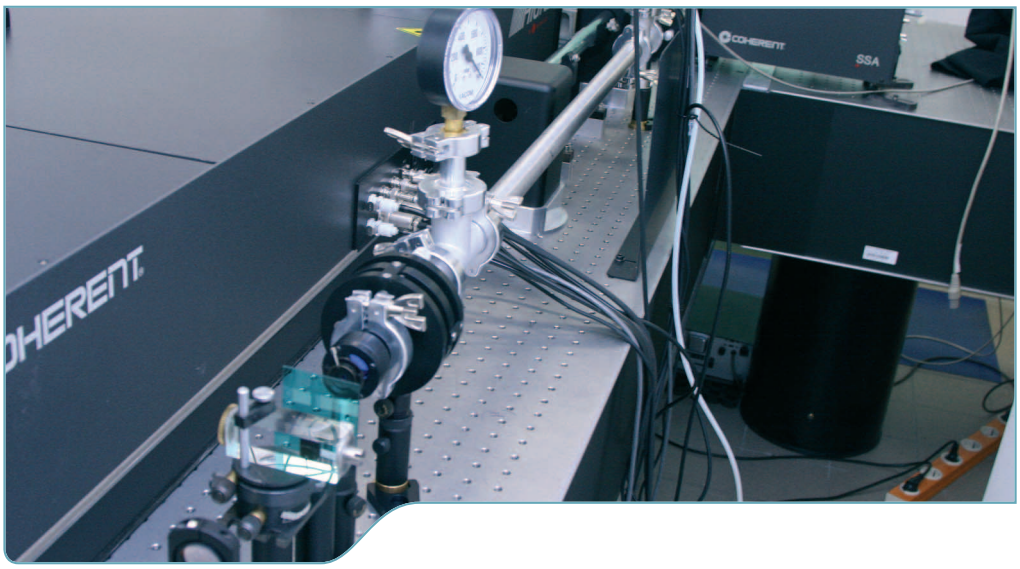
wird entwickelt. Ein dritter Schwerpunkt sind oberflächenemittierende Laserdioden (VCSEL), die verschiedene spezifische Vorteile bieten, darunter der geringe Strombedarf und die schnelle Modulierbarkeit. Sie sind besonders als Sender für kurze optische Verbindungen interessant. Damit kann das Nadelöhr zwischen Prozessor und externem Arbeitsspeicher eines Rechners und der hochratigen Verbindung einzelner Komponenten auf einem Board optisch überwunden werden (chip-to-chip optics). Unter Einsatz neuster Materialtechnologie soll die Geschwindigkeit solcher Laserdioden auf 30 Gbit/s und darüber hinaus gesteigert werden.



Vergrößerung eines VCSEL Chips
Quelle: TU Berlin – Institut für Festkörperphysik

Auch andere Berlin-Brandenburger Unternehmen wie Advanced Laser Diode Systems (A.L.S.) haben das enorme Marktpotential der optischen Datenübertragung erkannt. Das Unternehmen ist führender Hersteller von Photodetektoren und Ultrakurzpuls-Lasersystemen mit Pulslängen bis in den Picosekundenbereich hinunter. Die Wiederholraten liegen dabei von Single Shot bis zu 100 Megahertz, die Maximalleistungen erreichen den Watt-Bereich. Dabei legt A.L.S. Wert auf schlüsselfertige Systeme. Module wie etwa der PiLas lassen sich nach Kundenspezifikationen aufbauen, verschiedene Wellenlängen sind mit einem Modul möglich. Auch Hersteller wie Lumics oder PBC (Photonic Band Crystal Lasers) liefern Laserdioden und komplette Module für den Einsatz in der Kommunikationstechnik. Polytec vertreibt aus Berlin unter anderem Faserlaser im Pico- und Femtosekundenbereich, optische Verstärker und Komponenten-Testsysteme. Als stark forschungsorientiertes Unternehmen bietet u2t Kunden Unterstützung bereits im frühen Stadium der Entwicklung, mittels Multiplexing sind u2t-Komponenten für Datenübertragungen mit bis zu 640 Gigabit je Sekunde einsetzbar. Als Signalquelle dienen hier stimmbare Laserdioden, die Pulse im Picosekundenbereich aussenden können. Ob Datenübertragung, Visualisierung oder Speicherung: Die Lasertechnik ist einer der Schlüssel für die Informations- und Kommunikationstechnologien des 21. Jahrhunderts.

6.6



Versuchsaufbau für CRDS Messungen
Quelle:
FU Berlin – Institut für Experimentalphysik

Kai Kolwitz

6.7

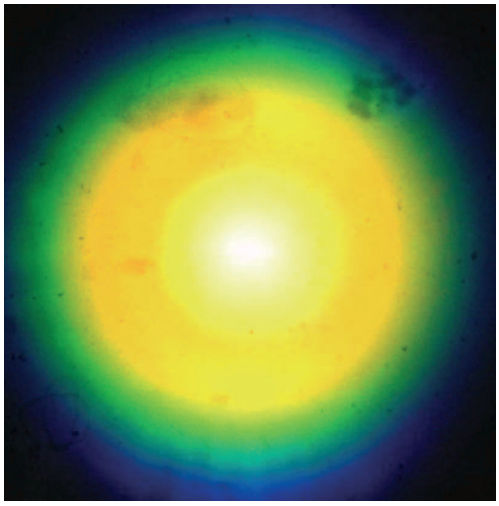
Umwelt und Energie

Mit Laser Schadstoffe suchen und Solarzellen produzieren

Wetter machen mit dem Laser? An der Freien Universität Berlin kann man das schon seit Jahren. Genauer, am Institut für Experimentalphysik der FU unter Professor Ludger Wöste. Mit Hilfe leistungsfähiger Laser, ist es der Arbeitsgruppe Wöste gelungen, Blitze kontrolliert vom Himmel zu holen. Auch zum Regenmachen lässt sich die wissenschaftliche Arbeit verwenden. Und sie kann Brandbekämpfern dabei helfen, schneller und sicherer zu löschen.

Hinter allen Anwendungen steht das gleiche physikalische Prinzip: Ultrakurze Laserimpulse werden ausgelöst. Die Länge liegt im Femtosekundenbereich, also dem des millionsten Teils einer Milliardstelsekunde. Durch die ultrakurze Pulsdauer steigt die Leistung bis in den Terawatt-Bereich. Das wiederum sorgt für nichtlineare Brechungen der Luft um den Strahl, die das Laserlicht abwechselnd fokussieren und wieder defokussieren und den Strahl als Ergebnis über eine lange Strecke stabil halten. Um den Strahl herum entsteht ein langer Plasmafaden, das so genannte Plasmafilament. Hohe Leistungen lassen sich so über große Entfernungen hinweg übertragen.

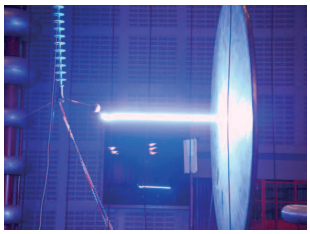
Mit dem Prinzip lässt sich einiges anstellen. Wöste und seinen Mitarbeitern gelang es zum Beispiel, an dem Filament entlang Blitze kontrolliert abzuleiten und sie damit von Flughäfen und anderen sensiblen Orten fernzuhalten. Auch zur Bestimmung der Niederschlagswahrscheinlichkeit lassen sich die Filamente verwenden: Entlang des Strahls kondensiert in der Luft enthaltene Feuchtigkeit zu deutlich erkennbaren Wassertröpfchen – woraus sich ableiten lässt, ob es sinnvoll ist, Niederschlagsgebiete mittels Silberjodid kontrolliert abregnen zu lassen.



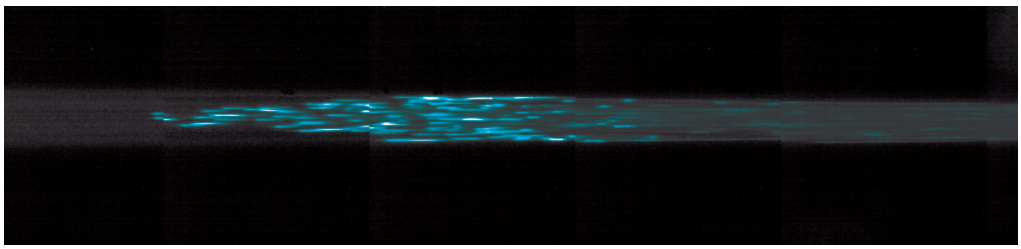
Weißlicht aus einem Plasmafilament
Quelle:
FU Berlin – Institut für Experimentalphysik

Inzwischen konzentriert sich die AG Wöste vor allem auf die Möglichkeiten, die die Filamente in der Spektroskopie bieten, genauer, im Bereich Cavity Ring Down Spektroskopie. Bei dieser Methode befindet sich der zu untersuchende Stoff zwischen zwei teildurchlässigen Spiegeln, identifiziert wird er durch die Abklingzeit eines Laserstrahls, der in das System eingestrahlt wird.

Die AG Wöste entdeckte, dass sich die Laserfilamente darauf trimmen lassen, ein sehr kohärentes Licht abzugeben, das sich über einen weiten Spektralbereich



Gelenkte Filamententladung
Quelle:
FU Berlin – Institut für Experimentalphysik



Filamente in einem Quarzblock
Quelle:
FU Berlin – Institut für Experimentalphysik

spannt – das so genannte Superkontinuum. So müssen verschiedene Wellenlängen spektroskopisch nicht mehr nacheinander abgearbeitet werden, sondern können zeitgleich untersucht werden. Von 350 bis 1100 Nanometer spannte sich das Spektrum des Superkontinuums in bisherigen Experimenten, durch die sonstigen Eigenschaften der Filamente sind Untersuchungen auch über große Entfernungen möglich.

Die Methode jedenfalls ist bereits patentgeschützt, ebenso wie die Regenanalyse und ein früher entwickeltes Verfahren zur Stoffanalyse mittels Laser und Plasmafilamenten. Denn je nachdem, welche Gase in der Luft um den Strahl enthalten sind, etwa in Folge eines Brandes, leuchtet das Plasma charakteristisch auf. Mit einem Detektor, etwa einem Spektrometer, lässt sich sagen, welche Stoffe vorhanden sind und ob Gesundheits- oder Explosionsgefahr besteht. Durch den auch über längere Strecken stabilen Laserstrahl kann dies auch aus größerer Entfernung geschehen. Feuerwehrleute müssen sich so nicht erst in Gefahr begeben, um genauere Erkenntnisse zu erlangen.

Die Arbeit der AG Wöste liegt im Trend. Denn in Zeiten von Klimawandel und steigendem Bewusstsein für die Verschmutzung von Luft und Meeren werden Verfahren zur Umweltanalyse immer wichtiger. Und oft kann der Laserstrahl bei der Analyse helfen. So sind Wöstes Plasmafilamente nicht die einzigen Projekte, in denen Berliner und Brandenburger Wissenschaftler versuchen, mit Hilfe der Photonik Umweltbelastungen und Veränderungen des Ökosystems zu erkennen.

So arbeitet das Institut für Optik und Atomare Physik der Technischen Universität an Detektoren zur Meerwasseranalyse mittels Raman-Spektroskopie, also der Analyse der nichtelastischen Streuung von Laserlicht an Molekülen oder Festkörpern. Die Forschung geschieht im Rahmen des EU-Projekts SENSEnet. Ziel ist es, langzeitstabile Detektoren zu entwickeln, die in tieferen Meeresbereichen Stoffkonzentrationen messen können – vor allem Veränderungen des Sauerstoffgehalts, denn diese weisen auf Änderungen im Ökosystem hin.

6.7

Die Sonne nutzbar machen: Lasereinsatz in der Photovoltaik

Doch nicht nur in der Analytik ergibt sich ein breites Spektrum von Anwendungen für die Lasertechnik. Die Technologie kommt auch dann ins Spiel, wenn es darum geht, umweltfreundlich Energie zu erzeugen. Vor allem die Solarenergie steht hier im Fokus – ist doch die Region Berlin-Brandenburg eins der deutschen Zentren für die Herstellung von Solarzellen und -modulen.

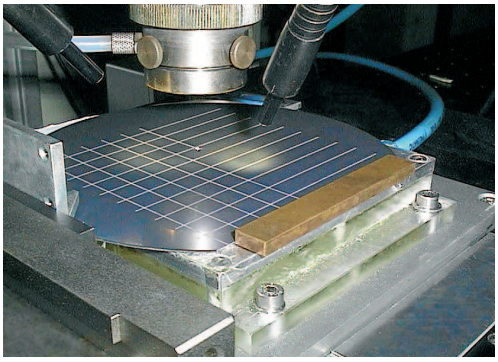
Auf der einen Seite Hersteller wie Solon, Sulfurcell, Inventux, PV Flex oder Johanna Solar, auf der anderen Seite wissenschaftliche und industrielle Expertise in Sachen Verfahrenstechnik und Materialbearbeitung mittels Laser – auch im Solarbereich trägt die enge Vernetzung aller Beteiligten Früchte.

So forscht man etwa im Helmholtz-Zentrum für Materialien und Energie an den wissenschaftlichen und technologischen Grundlagen für den Einsatz von Dünnschichttechnologien in der Silizium-Photovoltaik. Erzeugt werden könnten die nur zwei Mikrometer dicken photoaktiven Schichten durch die Kristallisation von amorphem Silizium mittels Xe-Cl-Excimerlaser. Schon das im Helmholtz-Institut aufgegangene Hahn-Meitner-Institut hatte die weltweit ersten Solar-Module aus Kupfer-Indium-Sulfid (CIS) entwickelt. Produziert werden sie vom Berliner Unternehmen Sulfurcell, das aus dem Hahn-Meitner-Institut hervorgegangen ist.

Um den Transfer zwischen Spitzenforschung und Industrie noch weiter zu stärken, hat das Helmholtz-Institut außerdem zusammen mit der TU Berlin das Kompetenzzentrum Dünnschicht- und Nanotechnologie für Photovoltaik Berlin (PVcomB) ins Leben gerufen. Hier erforscht man Dünnschichttechniken mit den Werkstoffen Silizium sowie Kupfer-Indium-Gallium-Selen, schon im frühen Stadium denkt man über industrielle Produktionsprozesse und Modulgrößen nach.

Um die Kompetenz auf eine noch breitere Basis zu stellen, forscht PVcomB inzwischen auch mit weiteren Projektpartnern im Bereich „Laseranwendungen in der Photovoltaik-Produktion". Unter Federführung des Branchenverbands Photonik BB und Newport Spectra-Physics mit seinem Sitz im brandenburgischen Stahnsdorf befassen sich außer PVcomB unter anderem die FH Brandenburg, das Fraunhofer-Institut für angewandte Polymerforschung sowie Laser- und Medizin-Technologie Berlin (LMTB) gemeinsam mit Projektpartnern aus der Photovoltaik-Produktion mit Fragen der industriellen Produktion von Dünnschichtzellen. Im Fokus stehen etwa neue Verfahren der Laser-Mikrostrukturierung zur Schichtstrukturierung der Solarzellen. Im Rahmen des Projekts wurde zum Beispiel ein Applikationslabor zur Laseranwendung in der Photovoltaik in Stahnsdorf aufgebaut, das bereits von verschiede-

nen Photovoltaik-Firmen aus Berlin und Brandenburg genutzt wird.
Schon zum Alltag gehören Laser bei den produzierenden Unternehmen der Region zum Beispiel beim Strukturieren, Schneiden, Entgraten, Markieren von



Solarzellen und in der Qualitätskontrolle. Dabei kommen Verfahren zum Einsatz, die zum Teil vor Ort entwickelt wurden. So leistete LMTB schon vor Jahren Pionierarbeit in Sachen Bearbeitung von Solarzellen, mit der Entwicklung eines lasergestützten Ritzverfahrens.
Das Verfahren von LMTB ermöglichte es erstmals, mono- und polykristalline Silizium-Wafer sauber zu separieren, ohne dass die Photospannung der Zellen absank und ihr Wirkungsgrad gemindert wurde. Inzwischen sieht man bei LMTB ebenfalls die Dünnschichtzellen als zentrales Thema – der komplizierte Aufbau der Zellen darf durch die Bearbeitung nicht gestört werden, was besonders schonende Verfahren bedingt. Insgesamt stehen Verfahren zur Produktionsunterstützung im Solarbereich bei fast allen Berliner und Brandenburger Herstellern von Lasertechnik zur Materialbearbeitung im Fokus.

Natürliche Quelle: Laserlicht aus Sonnenstrahlen

Wie wäre es, wenn man nicht nur Laserlicht dazu verwenden würde, um Sonnenenergie nutzbar zu machen, sondern die Sonnenenergie, um Laserlicht zu produzieren? Die Idee ist so alt, wie das Laserprinzip selbst. Heute befasst sich eine Arbeitsgruppe am Optischen Institut der TU Berlin mit dem solaren Laser: Sonnenlicht wird mit geeigneten Optiken so fokussiert, das es in der Lage ist, einen Laserkristall direkt zu pumpen. Energetisch betrachtet, hat das Verfahren Charme. Denn zur Erzeugung von Laserlicht muss außer der Sonnenstrahlung keine weitere Energie zugefügt werden. Damit ist es selbst dem Einsatz von Strom aus regenerativen Quellen weit überlegen. Denn warum zum Beispiel Sonnenlicht mittels Solarzellen unter Hinnahme von Verlusten in Strom umwandeln, der dann wiederum die Energie für einen Laser liefert, wenn man das Licht auch direkt nutzen kann?
Ein solcher solar gepumpter Laser existiert an der TU bereits. Er arbeitet mit einem Stabkristall aus Nd:Yag und wird mittels Motorsteuerung stets in optimale Lage zur Sonne gebracht. Außerdem hat die Arbeitsgruppe das Prinzip für ein ägyptisches Gebiet mit hoher Sonneneinstrahlung durchgerechnet. 170 Watt Leistung wären nach dem Rechenmodell möglich. Ganz soviel wären es mit deutschem Sonnenlicht wohl nicht. Doch für lohnend halten die Forscher den Einsatz des Prinzips auch in Berlin und Brandenburg.

Bearbeitung von Siliziumwafern mit dem Kurzpulslaser
Quelle:
Laser- und Medizin-Technologie GmbH, Berlin (LMTB)

6.7

Aufbau eines direkt solargepumpten Festkörperlasers
Quelle:
TU Berlin – Institut für Optik und Atomare Physik

Die fünf Netzwerke und Transfereinrichtungen in der Hauptstadtregion

7.1

Branchenplattformen

Netzwerke und Transfereinrichtungen

Optec-Berlin-Brandenburg (OpTecBB) e.V. – das Kompetenznetz für Optische Technologien in Berlin-Brandenburg

Vor mehr als neun Jahren hat eine von der Wissenschaft und der Industrie getragene Diskussion darüber begonnen, welche Teildisziplinen der Optischen Technologien in Deutschland besonders zu entwikkeln seien, um international konkurrenzfähig zu werden bzw. zu bleiben und sie zu Triebkräften für Innovationen zu entwickeln.

Dieses Aktionsprogramm wurde als „Deutsche Agenda Optische Technologien für das 21. Jahrhundert" dokumentiert und führte zum BMBF-Förderprogramm „Optische Technologien Made in Germany". Eine seiner unmittelbaren Folgen war die Bildung der Kompetenznetze für Optische Technologien, die Teil dieses Förderprogramms sind und eines der Infrastrukturelemente bilden, die dessen Umsetzung begleiten. Ein weiteres ist OptecNet Deutschland, das alle Netze als Mitglieder hat und deutschlandweit eine konstruktive Zusammenarbeit der Netze organisiert.

OpTecBB ist Bestandteil dieses Strategieprozesses und wurde am 14.09.2000 von 14 Unternehmen, Forschungseinrichtungen, Universitäten und Verbänden mit Unterstützung der zuständigen Landesministerien Brandenburgs und des Senats von Berlin als Verein gegründet.

OpTecBB und seine Mitglieder haben sich folgende Ziele gestellt:

- das in der Region vorhandene Potenzial im Bereich Optischer Technologien zu bündeln und zu vernetzen
- den Wissens- und Technologietransfer von der Forschung zu den Unternehmen zu fördern
- F&E-Projekte zu initiieren und Kooperationen zu unterstützen
- eine Plattform für Information und Kommunikation zu bilden
- gemeinsame Marketingaktivitäten und Messeauftritte zu organisieren, um für die Unternehmen, die Forschungseinrichtungen und die Region zu werben
- die Landesregierungen und Wirtschaftsfördereinrichtungen zu informieren und zu beraten
- Aus- und Weiterbildung im Bereich der Optik/Photonik zu fördern und die Region auch als Ausbildungsstandort bekannt zu machen

Mit der Übernahme des Kompetenzfeldmanagements und der Koordinierung der gemeinsamen Aktivitäten Berlins und Brandenburgs sowie der Einrichtung der Branchentransferstelle Optik des Landes Brandenburg übernimmt OpTecBB die Funktion einer Dachorganisation in diesem Technologiefeld.

Kontakt:
Dr. Bernd Weidner
OpTecBB e.V.
Tel.: 030 / 6392 1720
E-Mail: optecbb@optecbb.de
Internet: www.optecbb.de

Laserverbund Berlin-Brandenburg e.V.

Der Laserverbund Berlin-Brandenburg e.V. ist ein Zusammenschluss von Laserfachleuten aus der Wirtschaft und der Wissenschaft. Der Verein wurde im Dezember 1993 in Berlin gegründet und hat heute 100 Mitglieder.

Ziel des Vereins ist die Förderung der Verbreitung der Lasertechnik vorrangig in Berlin und Brandenburg. Er fördert die Zusammenarbeit von Unternehmen und Forschungseinrichtungen auf den Gebieten Laserforschung, -entwicklung und -anwendung.

Der Laserverbund bietet Seminare, Workshops und Weiterbildung zu Themen der Lasertechnik und informiert im „LASERBRIEF", auf dem „Laserstammtisch" und auf seiner Website zu aktuellen Themen aus der Branche.

Kontakt:

Dr. Helmut Ringelhan
Laserverbund Berlin-Brandenburg e. V.
E-Mail: H.Ringelhan@PhotonAG.com
Internet: www.Laserverbund.de
c/o
Photon Laser Engineering GmbH
Tel.: 030 / 364 088 22

PhotonikBB e.V.

PhotonikBB versteht sich als Vernetzungs- und Fachkoordinierungsstelle von Wirtschaft und Forschung des Branchenkompetenzfeldes Optik mit Schwerpunkt im Bundesland Brandenburg. Dazu initiiert, koordiniert und fördert das Netzwerk das Zusammenführen von Kompetenzen in gemeinsamen Projekten.

Es wird besonders Wert darauf gelegt, kleine und mittlere, kreative Unternehmen mit der Wissenschaft in Kooperation zu bringen, um Spitzencluster mit hoher Kompetenz und starker industrieller Anbindung zu bilden. Das Zusammenführen von Kompetenzen und die gezielte Zusammenarbeit von Industrie, Hochschulen und Instituten sollen zur regionalen Wertschöpfung führen und die vorhandenen Potenziale erschließen.

Die folgenden Innovationsfelder bilden die Schwerpunkte der Netzwerktätigkeit:

- Anwendungen in der Photovoltaik
- Angewandte Lasertechnik
- Messtechnik und Sensorik
- Photonische Komponenten

Kontakt:

Andreas Feldo
PhotonikBB e.V.
Tel.: 03328 / 430 230
E-Mail: info@photonik-bb.de
Internet: www.photonik-bb.de

TSB Gruppe

Die TSB Gruppe als zentrale Anlaufstelle für Technologie und Innovation in Berlin hat mit den wichtigsten Akteuren der Stadt die Kohärente Innovationsstrategie entwickelt. Ziel ist es, die durch eine Vielzahl innovativer Unternehmen und wissenschaftlicher Forschungseinrichtungen geprägten Kompetenzfelder der Hauptstadtregion bei ihrer Entwicklung zu international wettbewerbsfähigen und nachhaltig wachsenden Hochtechnologieclustern zu unterstützen.

Das Credo lautet: Stärken stärken und Technologiefelder fördern, die sich durch starkes Wachstum auszeichnen und in denen Berlin schon heute über einen hohen relativen Marktanteil verfügt. Dazu zählen Biotechnologie, Medizintechnik, Verkehr & Mobilität, Informations- und Kommunikationstechnologie sowie Optische Technologien & Mikrosystemtechnik.

Die strategische Arbeit der TSB Technologiestiftung Berlin wird dabei durch das operative Geschäft der TSB Innovationsagentur Berlin GmbH ergänzt.

Wegen der starken Ballung von Forschungseinrichtungen und Unternehmen in Berlin hat die TSB einen klaren Fokus auf die Optischen Technologien und die eng damit zusammenhängende Mikrosystemtechnik gesetzt. Die TSB vernetzt die dortigen Unternehmen mit den Forschungseinrichtungen, entwickelt und moderiert innovative Forschungs- und Entwicklungsvorhaben und berät bei Technologietransfer. Einzelmodule sind u.a. die aktive Mitarbeit in Gremien und Verbänden, wie OpTecBB e.V., PhotonikBB e.V. oder dem Laserverbund Berlin-Brandenburg e.V., die Durchführung von Veranstaltungen sowie die Entwicklung und Herausgabe eines Branchenreports.

Kontakt:

Prof. Dr. Eberhard Stens
TSB Innovationsagentur Berlin GmbH
Tel.: 030 / 46302 500
E-Mail: adlershof@tsb-berlin.de
Internet: www.tsb-adlershof.de

ZukunftsAgentur Brandenburg (ZAB)

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

Die ZAB ist partnerschaftlich verbunden mit der InvestitionsBank des Landes Brandenburg (ILB) und der Brandenburg Capital GmbH.

Das Enterprise Europe Network bei der ZAB berät speziell zu europäischen Programmen und führt grenzüberschreitende Kooperationen herbei.

Kontakt:

Michael Koinzer
ZukunftsAgentur Brandenburg GmbH
Tel.: 0331 / 660 30 00
E-Mail: info@zab-brandenburg.de
Internet: www.zab-brandenburg.de
www.invest-in-brandenburg.com

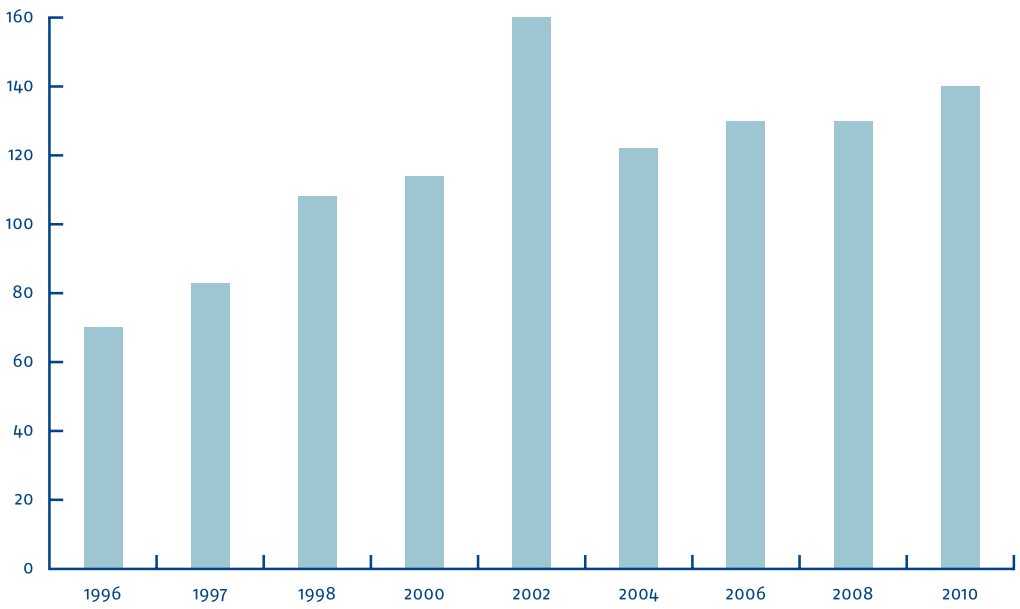
Laser Optics Berlin 2008
Quelle: Messe Berlin GmbH

7.2 Branchenplattformen
Laser Optics Berlin

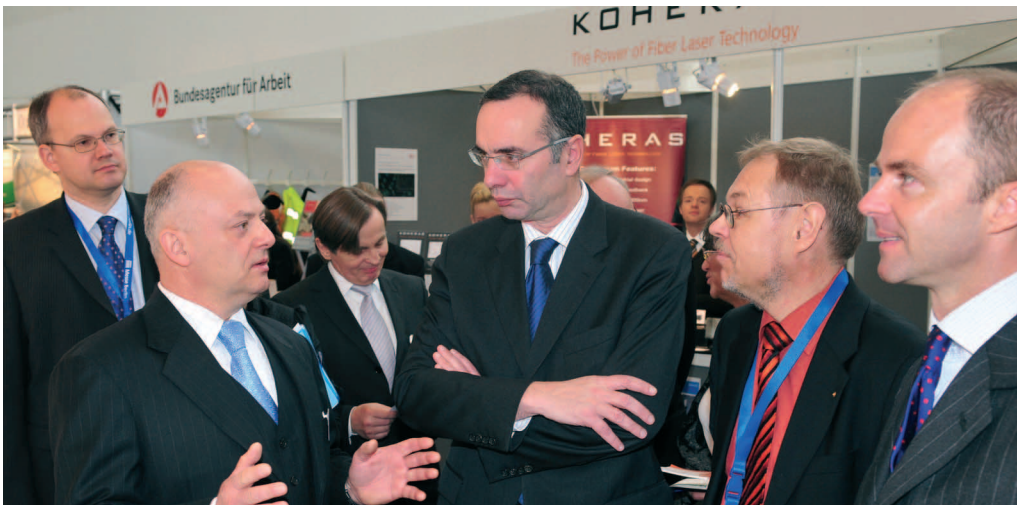
LASER OPTICS BERLIN
International Trade Fair and Convention for Optical & Laser Technologies

Als sich nach der deutschen Wiedervereinigung insbesondere im Wissenschafts- und Technologiepark Berlin-Adlershof zahlreiche kleine und mittlere Unternehmen aus dem Feld der Optischen Technologien formierten, wurde der Ruf nach einer regionalen Präsentations- und Diskussionsplattform immer lauter. Mitte der 90er Jahre trafen sich dann erstmals Wissenschaftler und Ingenieure auf den „Optischen Tage(n)" in Adlershof.
Auf der Veranstaltung sollten wissenschaftliche Erkenntnisse diskutiert, potentielle Anwendungen gefunden und Trends ausgelotet werden. 1996 fand sie dann das erste Mal als Laser+Optik Berlin (LOB) in einem noch sehr familiären Rahmen statt.

Ausstellerzahlen Laser Optics Berlin



Quelle: TSB Innovationsagentur Berlin GmbH



Laser Optics Berlin 2008
Quelle: Messe Berlin GmbH

Nach 2000 fand die LOB noch dreimal im Zweijahresrhythmus im Wissenschafts- und Technologiepark Berlin-Adlershof statt, bevor sie Ihrer Kinderstube entwachsen war. Die stetig wachsende Zahl an Ausstellern und Fachbesuchern machte die LOB für die Messe Berlin GmbH interessant und zog 2008 unter dem Namen „Laser Optics Berlin" auf das Messegelände unter dem Funkturm, wo sie 2010 mit 140 Ausstellern und einem zunehmend internationalen Publikum stattfand.

Nachdem die inhaltlichen Schwerpunkte anfangs nur auf der Lasertechnik, der Optoelektronik und der Optik lagen, stehen heute alle Gebiete der Optischen Technologien im Fokus. Neue Technologiefelder wie zuletzt die Terahertz-Technologie finden schnell Einzug in den wissenschaftlichen Kongress und das Rahmenprogramm der Laser Optics Berlin.

Die Hauptdarsteller von damals sind auch heute noch tief mit der Laser Optics Berlin verbunden. Prof. Dr. Thomas Elsässer, Direktor des Max-Born-Instituts (MBI) ist damals wie heute federführend beim wissenschaftlichen Kongress. Prof. Dr. Eberhard Stens, von 1998 bis 2006 Projektleiter der Laser Optics Berlin bei der TSB Innovationsagentur Berlin GmbH, welche heute als ideeller Träger der Veranstaltung fungiert. Dr. Matthias Scholz von der Adlershofer LTB Lasertechnik Berlin GmbH, der jahrelang den Ausstellerbeirat leitete. Auch die WISTA Management GmbH, Standortbetreiber des Wissenschafts- und Technologiepark Berlin-Adlershof, sowie die Netzwerke OpTecBB und der Laserverbund Berlin-Brandenburg unterstützen die Veranstaltung tatkräftig.

Heute zählt die Laser Optics Berlin zu den führenden Kongressmessen für Optische Technologien in Europa und erweitert ihr Spektrum stetig. 2010 stand erstmal die eng mit den Optischen Technologien verbundene Mikrosystemtechnik mit einem eigenen Workshop im Rahmenprogramm der Laser Optics. Auch das Interesse aus dem Ausland steigt kontinuierlich – so versammelten sich 2010 die führenden Cluster- und Netzwerkmanager aus Skandinavien, den baltischen Staaten, Russland und Polen, begleitet von knapp 20 Unternehmen und Forschungseinrichtungen, auf der Laser Optics Berlin, um sich im Rahmen der Ausstellung und eines Cluster Colloquiums zu präsentieren und Potentiale zur strategischen Zusammenarbeit auszuloten.

Wie auch die Branche der Optischen Technologien selbst profiliert sich die Laser Optics Berlin über ein überdurchschnittliches, nachhaltiges Wachstum und wird auch in Zukunft nicht nur für die Unternehmen und Forschungseinrichtungen in Berlin-Brandenburg ein Treffpunkt mit großer Strahlkraft bleiben.

Berliner Gemeinschaftsstand auf der Laser+Optik Berlin 1998
Quelle: TSB Innovationsagentur Berlin GmbH

7.2

Kontakt:

Kerstin Kube-Erkens
Messe Berlin GmbH
Tel.: 030 / 3038 2056
E-Mail: kubeerkens@messe-berlin.de
www.laser-optics-berlin.de

Prof. Dr. Eberhard Stens
TSB Innovationsagentur Berlin GmbH
Tel.: 030 / 46302 500
E-Mail: stens@tsb-berlin.de
www.tsb-adlershof.de

8.0

Literaturverzeichnis

Albrecht, E. (2005): 20 Jahre Laser- und Medizin-Technologie Berlin. Pressemitteilung der LMTB GmbH. In: Informationsdienst Wissenschaft http://idw-online.de/pages/de/ news114560 (01.06.2005)

Albrecht, H. (1997): Laserforschung in Deutschland 1960–1970. Eine vergleichende Studie zur Frühgeschichte von Laserforschung und Lasertechnik in der Bundesrepublik Deutschland und der Deutschen Demokratischen Republik. Habilitationsarbeit, Stuttgart: Universität Stuttgart.

Albrecht, H. (2001): Die Innovation des Lasers in Deutschland – Forschung an der TU Berlin und der Universität Jena im Vergleich. In: Abele, J./Barkleit, G./Hänseroth, T. (Hrsg.): Innovationskulturen und Fortschrittserwartungen im geteilten Deutschland. Köln etc.: Böhlau, 263-276.

Gönner, H. (2005): Einstein in Berlin 1914-1933. München: C.H. Beck.

Kopfermann, H. (1952): Rudolf Ladenburg. In: Die Naturwissenschaften, 39 (13), 25.

Lenz, K. (1995): Der Laser. In: Frieß, P./Steiner, P.M. (Hrsg.) Deutsches Museum Bonn: Forschung und Technik in Deutschland nach 1945, Katalog. München: Deutscher Kunstverlag, 368.

Lerch, F. (2009): Netzwerkdynamiken im Cluster: Optische Technologien in der Region Berlin-Brandenburg. Dissertation-Online der Freien Universität Berlin. http://www.diss.fu-berlin.de/diss/receive/FUDISS_thesis_000000013342

Minkowski, R. (1929): Theorie der Brechung. In: Müller-Pouillet (Hrsg.): Lehrbuch der Physik. Braunschweig, Vieweg, Bd. 2, 1708.

Niedrig, H. (1987): Nachruf auf den Pionier der Elektronenmikroskopie: Hans Boersch 1909-1986. In: Optik 75, 172-174.

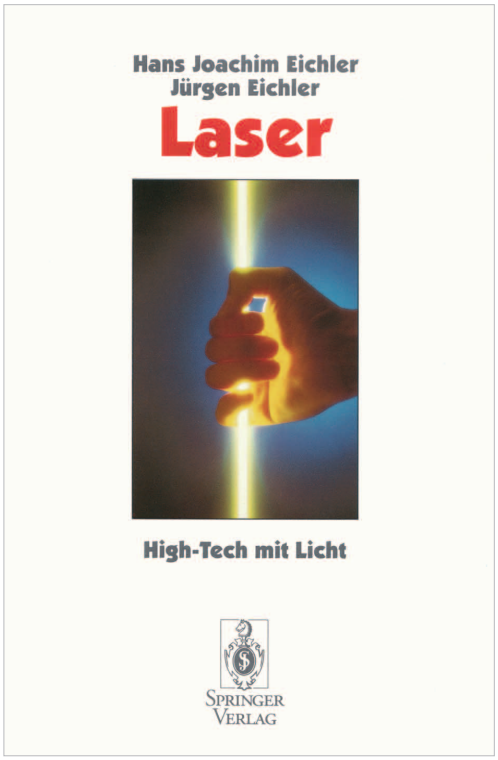
TSB Innovationsagentur Berlin GmbH (2008a): Report 2008/2009 – Optische Technologien und Mikrosystemtechnik Berlin-Brandenburg, Berlin

TSB Innovationsagentur Berlin GmbH (2008b): Report 2008 – Verkehr und Mobilität in Berlin-Brandenburg, Berlin

TSB Technologiestiftung Berlin (2008c): Studien zu Technologie und Innovation – Das Technologiefeld Energie in Berlin-Brandenburg, Berlin

Wissenschaftsrat (1992): Stellungnahmen zu den außeruniversitären Forschungseinrichtungen der ehemaligen Akademie der Wissenschaften der DDR auf dem Gebiet der Physik. Köln: Wissenschaftsrat.

Buchvorstellung



Das Buch „Laser" ist eine grundlegende Einführung in die Physik und Technik der Laser, die 50 Jahre nach der ersten Realisierung die optischen Technologien weiter vorantreiben. Es informiert über:

- Funktion, Bauformen und Emissionseigenschaften der Laser
- Lasertypen, optische Komponenten und Strahlführung
- Anwendungen in Materialbearbeitung, Medizin, Mess- und Kommunikationstechnik

Im Jahre 2010 erscheint die 7. aktualisierte Auflage dieses etablierten Lehrbuchs, die neueste Entwicklungen berücksichtigt: Hochleistungsdioden- und Festkörperlaser für ultraviolette, sichtbare und infrarote Strahlung, Faserlaser, die Erzeugung ultrakurzer sub-fs Lichtimpulse und Röntgenstrahlung aus Freie-Elektronen-Lasern, sowie Anwendungen in der medizinischen Diagnostik und Biophotonik.

9.0

Impressum

Report 2010
Lasertechnik
Berlin-Brandenburg

Herausgeber
Herausgeber dieser Studie ist die TSB Innovationsagentur Berlin GmbH

Prof. Dr. Eberhard Stens
TSB Innovationsagentur Berlin GmbH
Fasanenstr. 85
10623 Berlin

Wir weisen darauf hin, dass das Urheberrecht sämtlicher Texte und Grafiken in diesem Report bei den Autoren, vertreten durch den Herausgeber, liegt. Die begründeten Urheberrechte bleiben umfassend vorbehalten. Jede Form der Vervielfältigung z.B. auf drucktechnischem, elektronischen, optischen, photomechanischem oder ähnlichem Wege – auch auszugsweise – bedarf der ausdrücklichen, schriftlichen Einwilligung sowohl des Herausgebers als auch des jeweiligen Autors der Texte und Grafiken.

Inhalt
Für die Inhalte der redaktionellen Beiträge kann der Herausgeber keine Gewähr übernehmen.
Diese Buchausgabe bildet den temporären Stand eines kontinuierlichen Arbeitsprozesses ab. Obwohl bei der Zusammenstellung der Informationen größte Sorgfalt angewandt wurde, kann die TSB Innovationsagentur Berlin GmbH für die Aktualität, Richtigkeit oder Vollständigkeit keine Gewähr übernehmen.
In keinem Fall kann die TSB Innovationsagentur Berlin GmbH für etwaige Schäden irgendwelcher Art verantwortlich gemacht werden, die durch die Benutzung oder im Zusammenhang mit der Benutzung der hier bereitgestellten Informationen entstehen, seien es direkte oder indirekte Schäden bzw. Folgeschäden einschließlich entgangenen Gewinns.

Die TSB Innovationsagentur Berlin GmbH dankt allen Beteiligten für die Mitarbeit zu diesem Branchenreport, einschließlich für die Bereitstellung des hochwertigen umfangreichen digitalen Bildmaterials. Die Auswahl der portraitierten Unternehmen und Forschungseinrichtungen ist exemplarisch für die Region und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Alle Angaben ohne Gewähr.

Redaktionelle Leitung:
Prof. Dr. Eberhard Stens, Gerrit Rössler

Projektassistenz:
Florian Oswald

Autoren:
Kai Kolwitz, Journalist
Dr. Frank Lerch, N R C Network Research & Consulting UG, c/o Freie Universität Berlin
Markus Wabersky, m.wabersky projektberatung
Gerrit Rössler, TSB Innovationsagentur Berlin GmbH
Prof. Dr. Eberhard Stens, TSB Innovationsagentur Berlin GmbH

Layout + Graphik:
Heike Rusch, Markus Wabersky, www.mixxd.com

Druckerei:
Das Druckteam Berlin Maik Roller und Andreas Jordan GbR, www.druckteam-berlin.de

Save the Date

19–21 March 2012

LASER OPTICS BERLIN

International Trade Fair and Convention
for Optical & Laser Technologies

www.laser-optics-berlin.com

TSB

MBI Max-Born-Institut

OpTecBB

Berlin Adlershof
WISSEN TRIFFT KÖNNEN SEIT 1909

Laserverbund Berlin-Brandenburg e.V.

Messe Berlin GmbH · Messedamm 22 · 14055 Berlin
Tel. +49(0)30/3038-2056 · Fax +49(0)30/3038-2291
www.laser-optics-berlin.de · laser-optics@messe-berlin.de

Messe Berlin

TSB Innovationsagentur Berlin GmbH

Fasanenstraße 85
10623 Berlin
Telefon: +49 (0)30 46302 500
E-Mail: adlershof@tsb-berlin.de
www.tsb-berlin.de

ISBN: 3-9808145-6-4

TSB