



Forschungsevaluation an niedersächsischen
Hochschulen und Forschungseinrichtungen

Laser-Laboratorium Göttingen e.V.

Ergebnisse und Empfehlungen



Niedersachsen

Herausgeber:

Wissenschaftliche Kommission Niedersachsen
Schiffgraben 19
D-30159 Hannover
Tel.: (0511) 120 8852
Fax: (0511) 120 8859

E-Mail: poststelle@wk.niedersachsen.de
Internet: www.wk.niedersachsen.de

und

Niedersächsisches Ministerium für Wissenschaft und Kultur
Referat Presse- und Öffentlichkeitsarbeit
Leibnizufer 9, D-30169 Hannover
Postfach 261, D-30002 Hannover
E-Mail: pressestelle@mwk.niedersachsen.de
Internet: www.mwk.niedersachsen.de

Redaktion: Michael Steller
Hannover, Oktober 2004

Titelgestaltung: Frank Heymann
Druck: Baumgart – die Print Agentur

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
2	Organisation und Infrastruktur des Laser-Laboratorium Göttingen e.V.	7
3	Arbeitsgruppen am LLG	11
3.1	Hochleistungs-Femtosekundentechnologie	11
3.2	Optik- und Dünnschichtlabor	12
3.3	Nichtlineare Optik	13
3.4	Mikromaterialbearbeitung und Mikrosystemtechnik.....	14
3.5	Strömungs-, Gemischbildungs- und Verbrennungsdiagnostik.....	15
3.6	Umweltmesstechnik	16
4	Ergebnisse und Empfehlungen	17
4.1	Bedeutung des Laser-Laboratorium Göttingen.....	17
4.2	Qualität der Forschungsleistungen	17
4.3	Forschungsprofil.....	18
4.4	Organisationsstruktur	20
4.5	Wissenschaftlicher Nachwuchs.....	21
4.6	Perspektiven.....	22
5	Zusammenfassung und Ausblick	23

1 Einleitung

Im Juni 2004 wurde das Laser Laboratorium Göttingen e.V. (LLG) im Auftrag des Niedersächsischen Ministeriums für Wissenschaft und Kultur durch die Wissenschaftliche Kommission Niedersachsen evaluiert.

Ziel der Begutachtung war es, unter Qualitätsgesichtspunkten eine Bestandsaufnahme der geleisteten Arbeit in allen Aufgabengebieten des Instituts vorzunehmen und auf dieser Basis dem Land wie auch der Institution selbst Hinweise für die weitere Entwicklung des in Göttingen vorhandenen wissenschaftlichen Potentials und des Kooperationspotentials mit der Industrie zu geben. Als Grundlage diente das 1999 von der Wissenschaftlichen Kommission erarbeitete und verabschiedete Konzept zur „Forschungsevaluation an niedersächsischen Hochschulen und Forschungseinrichtungen“. Der Evaluationskommission, die für dieses Verfahren eingesetzt wurde, gehörten insgesamt fünf Gutachterinnen und Gutachter an:

Prof. Dr. Gerd Leuchs (Vorsitz)	Max-Planck Forschungsgruppe Institut für Optik, Information und Photonik Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Prof. Dr. Cornelia Denz	Institut für Angewandte Physik - Nichtlineare Photonik - Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Prof. Dr. Thomas Graf	Institut für Strahlwerkzeuge Universität Stuttgart
Prof. Dr. Peter Hering	Institut für Lasermedizin Universitätsklinikum der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
Prof. Dr. Jürgen Wolfrum	Physikalisch-Chemisches Institut Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg

Als Grundlage für die Begutachtung hat das LLG im April 2004 einen ausführlichen Bericht eingereicht, zu dem neben einem Entwicklungskonzept, Geschäftsverteilungsplan, Organigramm u.ä. auch Projektzusammenfassungen und Publikationslisten der einzelnen Arbeitsgruppen gehörten. Die Begehung des Instituts fand am 9. und 10. Juni 2004 statt.

Dem Direktor, Prof. Dr. Gerd Marowsky, und seinen Mitarbeitern sei an dieser Stelle nochmals für ihre Kooperationsbereitschaft und die tatkräftige Unterstützung bei der Planung und Durchführung der Begehung gedankt.

Ebenso gilt dieser Dank Herrn Prof. Dr. Jürgen Troe und Herrn Prof. Dr. Stefan W. Hell als Vertreter des Vorstandes sowie Herrn Prof. Dr. Dieter Röb als Vertreter des Kuratoriums. Auch mit diesen Repräsentanten des LLG hat die Gutachtergruppe anregende Gespräche in kollegialer Atmosphäre führen können.

Der vorliegende Bericht stellt die Einschätzungen und die Empfehlungen der Gutachterkommission zusammenfassend dar. Für die Details zum allgemeinen Sachstand wird auf das öffentlich zugängliche Informationsmaterial, insbesondere auf die Jahresberichte, die wissenschaftlichen Publikationen und auf das Internetangebot des Instituts verwiesen. Dies gilt vor allen Dingen für eine weiterführende Beschreibung der verschiedenen Forschungsaktivitäten und Industriekooperationen. Schließlich sei in diesem Zusammenhang darauf verwiesen, dass die Ausführlichkeit der Darstellung in diesem Bericht nicht mit der Qualität der Arbeitsgruppen korrelieren muss.

Es ist vorgesehen, das LLG in etwa drei Jahren um einen kurzen Bericht zu den eingeleiteten Maßnahmen und zum Stand der Umsetzung zu bitten. Der vorliegende Bericht gibt den Sachstand zum Zeitpunkt der Begehung im Juni 2004 wieder.

2 Organisation und Infrastruktur des Laser-Laboratorium Göttingen e.V.

Der Trägerverein Laser Laboratorium Göttingen wurde 1987 in der Rechtsform eines eingetragenen Vereins gegründet, der seit dieser Zeit das Institut (LLG) als gemeinnützigen Zweckbetrieb führt.

Initiiert wurde die Gründung des Instituts von Prof. Dr. Fritz Peter Schäfer, der am Göttinger Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie die Abteilung Laser-Physik aufgebaut und geleitet hat. Der von ihm entdeckte und entwickelte Farbstofflaser bildete die Grundlage einer späteren Piko- und Femtosekundenlichtquelle, die auch heute noch das wirtschaftliche Herzstück des LLG darstellt. Die vielfältigen Vermarktungsmöglichkeiten dieser Technologie bildeten die Grundüberlegungen zur Einrichtung des LLG in Kooperation mit dem Max-Planck Institut für biophysikalische Chemie, der Universität Göttingen und der feinoptischen Industrie aus der Region Göttingen. Besonders zu nennen ist in diesem Zusammenhang die Firma Lambda Physik, einem führenden Entwickler und Hersteller gepulster Ultra-Violett-Laser, deren langjähriger Geschäftsführer Herr Dirk Basting maßgeblich an der Einrichtung des LLG beteiligt war und auch heute noch als Schatzmeister des Trägervereins fungiert.

Seit seiner Gründung hat sich das Institut stetig erweitert. 1990 bezog es die heutigen Räumlichkeiten am Hans-Adolf-Krebs-Weg, in unmittelbarer Nachbarschaft zum Neubau der Physik der Universität Göttingen und zum Max-Planck Institut für biophysikalische Chemie, an dem auch die feinoptische Werkstatt des Instituts angesiedelt ist. Ende 2002 entschloss sich das LLG aus Kapazitätsgründen zu einem Erweiterungsbau, der als Photonik-Technologie- und Kommunikationszentrum konzipiert wurde. Zur Umsetzung dieser Überlegungen gründete der LLG-Trägerverein Ende 2002 die Laser-Laboratorium Göttingen GmbH (LLG-GmbH). Gesellschafter ist zurzeit mit 100 % der Verein. Mittelfristig wird von Seiten des LLG an eine Beteiligung von zwei bis drei mittelständischen Unternehmungen von insgesamt bis zu 49 % gedacht. Die Einweihung des fünf Millionen Euro teuren Neubaus fand Anfang dieses Jahres statt. Derzeit sind bereits 94 % der Flächen langfristig an Firmen der feinoptisch-mechanischen Industrie vermietet.

Seit 1992 wird das Institut von Herrn Prof. Dr. Gerd Marowsky geleitet. Durch ihn wurde und wird die Institutsstruktur maßgeblich geprägt, so auch die Einrichtung der zurzeit noch bestehenden sechs Arbeitsgruppen Anfang der neunziger Jahre als Reaktion auf die auslaufende Förderung durch das niedersächsische VW-Vorab und die daraus resultierende Neupositionierung des LLG. Unter seiner Leitung entwickelte das Institut sein heutiges Profil und seine Ausstrahlungskraft. Auch die seit langer Zeit andauernde Expansion begründet sich durch das große persönliche Engagement der Institutsleitung.

Das LLG arbeitet mit einer Vielzahl an Forschungseinrichtungen im In- und Ausland zusammen. Hervorzuheben sind die Kooperationen mit dem Beijing Yuanfeng Institute of Science & Technology, China, der University of Toronto, Kanada, der University of Illinois, USA, und dem Weizmann Institute of Science, Israel, sowie eine Reihe von Kooperationen mit bundesdeutschen Universitäten, wie der TU Berlin und der Universität Leipzig.

In Göttingen arbeitet das LLG mit den Fakultäten für Physik und Chemie der Universität Göttingen zusammen. Das LLG bietet Arbeitsmöglichkeiten für Praktikanten, Diplomanden und Doktoranden an. Darüber hinaus bestehen intensive Kooperationen mit dem Fachbereich Physik-, Mess-, und Feinwerktechnik der Fachhochschule Hildesheim / Holzminden / Göttingen.

Das LLG verfügt auch über eine Vielzahl an Kooperationen mit Industrieunternehmen. Hervorzuhebende Partner sind u.a. die Volkswagen AG, die Firma Carl Zeiss in Oberkochen sowie die Jenoptik LOS GmbH.

Daneben engagieren sich die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des LLG in eine Reihe weiterer Initiativen, wie bspw. dem Göttinger X-Lab, eine Einrichtung, die Schüler über Praktika und Sommerschulen an die Naturwissenschaften heranführen soll. Herr Prof. Marowsky hält am Dritten Physikalischen Institut der Universität Göttingen eine regelmäßige Wahlvorlesung zu ausgewählten Themen der Laserphysik. Ferner ist das LLG in einer Vielzahl von Netzwerken und Fachgremien, hauptsächlich durch die Institutsleitung, vertreten. Dazu gehören etwa der Messtechnikverband Measurement Valley und das Kompetenznetz für Optische Technologien Photonic-Net.

Die Grundfinanzierung des Landes Niedersachsen liegt bei ca. 800.000 Euro pro Jahr. Zusätzlich wirbt das Institut in hohem Maße Drittmittel ein. Der Gesamtetat für das Haushaltsjahr 2003 betrug knapp drei Millionen Euro. Während Anfang der neunziger Jahre die Landeszuwendung noch 100 % des Haushaltsansatzes ausmachte, liegt der Anteil der über die Jahre nahezu konstant gebliebenen Landeszuwendung heute nur noch bei einem Drittel. 33 % der Einnahmen wirbt das LLG bei Bund und Ländern und Forschungsförderungseinrichtungen wie der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) ein. Das verbleibende Drittel des Gesamtansatzes erwirtschaftet das LLG mit Industrieaufträgen. Aufgrund seiner Finanzierungsstruktur ist das LLG darauf angewiesen, dass Kooperationspartner das jeweilige Forschungsprojekt in der Regel in erheblichem Umfang mitfinanzieren. Dadurch bedingt wird am LLG anwendungsnah geforscht und entwickelt. Grundlagenforschung im engeren Sinn kann am LLG aufgrund der Finanzstruktur nur begrenzt verfolgt werden.

Das LLG wird von einem ehrenamtlichen Vorstand geleitet. Gemäß der Satzung setzt sich dieser aus einer C4-Professur der Universität Göttingen, einem wissenschaftlichen Mitglied der Max-Planck-Gesellschaft und einem Vorstandsmitglied eines Industrieunternehmens zusammen. Vereinsorgan des LLG ist neben dem Vorstand die Mitgliederversammlung mit den in der Satzung festgelegten Aufgaben.

Des Weiteren wird die Arbeit des Instituts durch ein unabhängiges Kuratorium beratend begleitet, dem derzeit sieben hochrangige Vertreter aus Wissenschaft, Wirtschaft und Stiftungswesen aus dem Inland und dem europäischen Ausland angehören.

Insgesamt waren zum Zeitpunkt der Begutachtung 47 Personen am LLG beschäftigt. Laut Stellenplan verfügt das Institut über vier unbefristete Stellen für wissenschaftliches Personal (inkl. der Institutsleitung) sowie über acht weitere unbefristete Stellen für den technischen Dienst und die Verwaltung, die zum Teil stundenreduziert besetzt sind. Hinzu kommt eine weitere wissenschaftliche Stelle, die unbefristet besetzt ist, allerdings über Drittmittel finanziert wird.

Weitere 14 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, davon 13 promovierte, sind über Drittmittel befristet beschäftigt, ebenso sechs Doktoranden sowie neun Diplomanden bzw. studentische Hilfskräfte. Auch im Bereich des technischen Dienstes werden weitere fünf Personen über Drittmittel befristet beschäftigt.

Das LLG versteht sich laut Satzung als Mittler zwischen Wissenschaft und Wirtschaft. Es schafft Synergien zwischen der Universität Göttingen, den einschlägigen Instituten der Max-Planck Gesellschaft und der in der Region ansässigen feinmechanisch-optischen Industrie. Es sorgt für den Transfer wissenschaftlicher Erkenntnisse in die Industrie und ist in der Industrieberatung tätig. Das Institut führt anwendungsbezogene Grundlagenforschung für die Entwicklung neuer Laser durch, die unter anderem in der Mikrosystemtechnik, der Mess- und Sensortechnik und in der Lasermedizin Anwendung finden. Die Struktur des LLG ist am ehesten mit der eines Fraunhofer-Instituts zu vergleichen. Annäherungen von Seiten der Fraunhofer-Gesellschaft, aber auch durch die Universität Göttingen (Angliederung als An-Institut), wurden von Seiten des LLG zur Bewahrung der Eigenständigkeit und der damit verbundenen Flexibilität bisher abgelehnt.

Die neu gegründete LLG GmbH hat als Kernaufgabe, die Bewirtschaftung, Verwaltung und Betreuung des Photonik-Zentrums und dessen Mieter wahrzunehmen.

3 Arbeitsgruppen am LLG

3.1 Hochleistungs-Femtosekudentechnologie

Die ehemalige Arbeitsgruppe „Kurzpuls-Lasertechnologie“ hat im Jahr 1989 den ersten Femtosekunden-Excimerlaser aufgebaut. Die Gruppe widmet sich der Aufgabe, diese Technologie weiterzuentwickeln. Zur Zeit sind drei befristet beschäftigte wissenschaftliche Mitarbeiter (davon zwei promovierte) und eine studentische Hilfskraft in diesem Bereich tätig.

Diese für das LLG traditionsreiche Gruppe arbeitet in der Erzeugung von UV-Lasern. Der Laserwellenlängenbereich vom extremen Ultraviolett bis zur weichen Röntgenstrahlung wird heute von einigen der weltweit führenden Gruppen durch die Erzeugung höherer Harmonischer erzeugt. Im Gegensatz zu diesen anderen Gruppen verwendet das LLG als Ausgangslaser gepulste UV-Laser. Von diesem Ansatz verspricht sich das LLG insbesondere bessere Spitzenleistungen. Mit den sehr hohen Intensitäten von über $10^{20}\text{W}/\text{cm}^2$, die sich aus der gemeinsam mit Prof. C. Rhodes (University of Illinois, Chicago, USA) geplanten Verstärkeranordnung ergeben, wird das LLG auf dem Gebiet der Hochleistungs-UV-Laser weiter arbeiten.

Es wurde bereits gezeigt, dass das Verhältnis zwischen Spitzenleistung und Untergrund besonders groß wird. Ein wichtiges Ergebnis, das am LLG erzielt wurde, ist die Erzeugung von Laserpulsen mit einer Wellenlänge von 82,8 nm und einer Pulsenergie von 100µJ. Dazu wurde ausgenutzt, dass bei der Frequenzverdreifung eines UV-Lasers in Argongas ein Dispersionsnullobertritt auftritt. Der geplante Einsatz von gasgefüllten Hohlwellenleitern in diesem Zusammenhang nutzt moderne Entwicklungen auf dem Sektor der optischen Materialien und ist viel versprechend. Diese Arbeitsgruppe, die einen engen Überlapp mit der Gruppe Mikromaterialbearbeitung und Mikrosystemtechnik hat, forscht auch im Bereich der Materialbearbeitung. So wurden hier Löcher mit kleinerem Durchmesser durch Laserablation erzeugt als bspw. am Laser-Zentrum-Hannover. Der Gegenstand der Forschungen in dieser Arbeitsgruppe bildet den inhaltlichen Kernbereich des gesamten Instituts. Dies gilt sowohl für den Anwendungsbereich (kurze Welle - kurze Zeit) als auch für die Grundlagenforschung. Die Forschungseinheit hat sich klar auf den „Attosekundenbereich“ fokussiert

3.2 Optik- und Dünnschichtlabor

Die Motivation zu den Forschungstätigkeiten in der Gruppe „Optik und Dünnschichtlabor“, die zur Zeit aus 10 Mitarbeitern besteht, stammt hauptsächlich aus der Halbleiterindustrie. Die Themenschwerpunkte sind durch die photolithographischen Entwicklungsschritte hin zu immer kürzeren Wellenlängen geprägt. In der Arbeitsgruppe wurde der Schritt von der Strahlung bei 248 nm hin zu der heute hauptsächlich verwendeten Wellenlänge von 193 nm vollzogen. Da der nächste Entwicklungsschritt zur Wellenlänge bei 157 nm möglicherweise ausgelassen wird, arbeitet die Gruppe bereits an Technologien bei 13,5 nm.

Im Spektralbereich der bis heute verwendeten Lithographie mit 248 nm bzw. 193 nm hat sich die Forschungsgruppe für die Analyse der Verlustmechanismen in optischen Komponenten und Materialien eingesetzt. Dies ist wichtig, weil der Strahlengang in den "Step and Repeat Alignern" der Halbleiterindustrie über eine Weglänge von bis zu 15 cm in Quarz verläuft. In Zusammenarbeit mit dem Institut für Strahlwerkzeuge (Universität Stuttgart) wurde ein empfindliches (ppm), kalorimetrisches Verfahren zur Bestimmung der Absorption in optischen Materialien entwickelt, welches auf der Detektion von Temperaturerhöhungen im μK -Bereich basiert. Ebenso wurden Verfahren zur Messung von Streulicht bei einer Wellenlänge von 193 nm und zur Bestimmung der Zerstörschwellen optischer Komponenten bei den Wellenlängen 193 nm, 248 nm und 1064 nm erarbeitet.

Die Methodik zur Messung von Zerstörschwellen erfordert eine sehr genaue Kenntnis der verwendeten Strahlprofile. Aus dieser Notwendigkeit wurden Aktivitäten zur besseren Strahlcharakterisierung aufgenommen. Das daraus entstandene Produkt zur gleichzeitigen Messung von Nah- und Fernfeld führte 1995 zur Ausgründung der Firma Metrolux GmbH. Als Weiterführung dieser Aktivität wurde ein Hartmann-Shack bzw. Hartmann Sensor zur Bestimmung der Wellenfront entwickelt. Dieser wird nun in Hinblick auf die zukünftigen, auf 13,5-nm Strahlung basierenden Lithographieverfahren weiterentwickelt.

Da es dazu einer geeigneten 13,5-nm Quelle bedarf, arbeitet die Gruppe gegenwärtig an der Entwicklung von Strahlungsquellen, die auf Laser-induzierten Xenon-Plasmen beruhen. Gegenüber den bisherigen Aktivitäten bedeutet dies eine beträchtliche fachliche Neuausrichtung, die in der Überführung der Gruppe in den neuen Cluster „Kurze Wellenlängen“ zum Ausdruck kommt.

Als Alleinstellungsmerkmale der Gruppe können die hohe Absolutgenauigkeit (ppm) bei der Absorptionsmessung und die Vorreiterrolle bei den Laserzerstörsschwellen- und Streulichtmessungen genannt werden. Mit den entsprechenden Messeinrichtungen fungiert das LLG als Anlaufstelle für die Charakterisierung von UV-Optiken. Bei den 13,5-nm Quellen herrscht eine starke Konkurrenzsituation, wobei sich die am LLG entwickelte Strahlungsquelle durch ihre Kompaktheit und eine vergleichsweise hohe Pulsenergie (ca. 4 mJ) bei gleichzeitig kurzer Pulsdauer (6 ns) auszeichnet.

3.3 Nichtlineare Optik

Die traditionellen Aktivitäten dieser mit vier Mitarbeitern besetzten Arbeitsgruppe liegen im Bereich der Probencharakterisierung mittels nichtlinear-optischer Methoden. Photonische Kristalle, Flüssigkristalle sowie Grenz- und Oberflächen von Halbleitern, Flüssigkeiten und anderen Materialien werden mit Hilfe der optischen Frequenzverdoppelung untersucht. Ein zweiter thematischer Schwerpunkt hat sich in den letzten Jahren im Bereich der Untersuchung und Anwendung von Gitter-Wellenleiter-Strukturen (GWS) aus früheren Arbeiten im Bereich planarer Wellenleiter entwickelt.

Die Kombination von Wellenleitern mit Gitterstrukturen ermöglicht zahlreiche Anwendungsansätze für neuartige optische Komponenten wie schmalbandige Spiegel oder Reflexionsfilter. Insbesondere im Bereich der Biotechnologie können solche Strukturen zukünftig auch als optische Sensoren eine wichtige Rolle spielen. Darüber hinaus zählen Arbeiten zum Schaltverhalten von Flüssigkristallzellen und kubisch nichtlinearen Polymeren zu den wichtigen Themenbereichen der Arbeitsgruppe.

Bisher sind wenige Überlegungen zu einer zielgerichteten Bündelung der Forschungsinteressen unter Berücksichtigung der Themenschwerpunkte anderer Arbeitsgruppen und der Expertise des LLG erkennbar. Einige Arbeitsbereiche der Arbeitsgruppe zeigen attraktive Perspektiven für zukünftige Entwicklungen. U.a. bietet der Bereich GWS interessante Ansätze in der Biophysik. So sind Biochip-Anwendungen auf Wellenleiterbasis möglich, die in empfindliche Biochip-Analysesysteme münden können – einem derzeit hochaktuellen Arbeitsgebiet. Perspektiven können sich hier durch Verbindungen mit der Arbeitsgruppe „Strömungs-, Gemischbildungs- und Verbrennungsdiagnostik“ ergeben, in der ebenfalls Anwendungen im Bereich der Zellbiologie geplant sind. Auch erste Untersuchungen zur laserunterstützten Funktionalisierung von Glas- und Polymerschichten zeigen vielversprechende Resultate insbesondere im Hinblick auf nichtlineare Effekte mit Hochleistungslasern und kurzen Lichtpulsen, wie sie in der Arbeitsgruppe „Hochleistungs- und Femtosekundentechnologie“ genutzt werden.

Eine unabdingbare Voraussetzung für eine erfolgreiche Weiterführung der Gruppe ist die Konzentration der Aktivitäten auf die in den anderen Arbeitsgruppen bereits vorhandenen Schwerpunktsbereiche. Dies kann beispielsweise durch Wahl der genutzten Wellenlängenbereiche erfolgen, die gerade für die optischen Methoden in Kooperation mit anderen Arbeitsgruppen erschlossen werden können. Bei inhaltlichen Überlegungen für zukünftige Ausrichtungen sollte daher die tendenziell richtige Zielsetzung, wie sie auch in der Zusammenlegung dieses Bereichs mit dem Bereich Hochleistungs- und Femtosekundenlasertechnologie sichtbar wird, weiterverfolgt werden. Eine Ausweitung des Arbeitsgebietes sollte derzeit jedoch aufgrund der Gruppengröße und der Diversität der Arbeitsthemen nicht in Betracht gezogen werden.

3.4 Mikromaterialbearbeitung und Mikrosystemtechnik

Die Arbeitsgruppe, die aus sechs Mitarbeitern besteht, betreibt ihre Forschungen zur Lasermikro- und Nanostrukturierung unter zwei Aspekten. Zum einen werden die physikalischen und physikalisch-chemischen Grundlagen der Laser-Material-Wechselwirkung als Basis eines detaillierten Prozessverständnisses untersucht. Zum zweiten werden die daraus gewonnenen Erkenntnisse genutzt, um die technische Anwendung der UV-Laserbearbeitung hinsichtlich Präzision, Effizienz und Flexibilität zu optimieren. Darüber hinaus werden über die reine Strukturierung hinausgehende Themen der Mikrosystemtechnik und der Strahlführung bearbeitet.

Wie bei den anderen Arbeitsgruppen des Laser Laboratoriums Göttingen (LLG) basieren die Forschungsaktivitäten hauptsächlich auf den am LLG entwickelten und vorhandenen Ultrakurzpuls UV Lasern. Ein Ergebnis ist die gezielte Bearbeitung von Glasfaserenden, wobei eine Rauigkeit von nur 35 nm erreicht wurde.

Bei der Mikrobearbeitung, hauptsächlich von Polymeren, nutzt die Gruppe die aus eigenen Experimenten mit unterschiedlichen Laserpulsdauern über sechs Größenordnungen – von fs bis ns – gewonnenen Erfahrungen und Daten. Daraus hat das Team ein Modell zur Beschreibung des Materialabtrags entwickelt, welches gleichzeitig die Abhängigkeit von Pulsdauer, Bestrahlungsgeometrie und Produktwolkenabsorption berücksichtigt. Die Arbeitsgruppe gehört auch zu den ersten Teams weltweit, die insbesondere bei moderaten Fluenzen das Schmelzen von Metallen selbst bei der fs-Materialbearbeitung nachgewiesen haben.

Zur Optimierung der Strukturierung von Polymeren wird insbesondere auch die Möglichkeit Ihrer Dotierung untersucht und eingesetzt. Diese Technik wurde einerseits zur verbesserten Ablation und andererseits zur Materialmodifikation (Aufwölben der Oberfläche zu Mikrolinsen) verwendet.

Eine interessante Entwicklung wurde mit der so genannten Rückseitenablation in Quarzglas gemacht. Entgegen den üblichen Verfahren, wachsen hier die „gebohrten“ Kanäle entgegengesetzt zur einfallenden Strahlrichtung.

Hinsichtlich einer optimalen Ausnutzung des Laserlichtes mittels diffraktiver optischer Elemente ist es sehr vorteilhaft, dass sich die Arbeitsgruppe auch mit Fragen des Optik Designs befasst und dabei u.a. die partielle Kohärenz der gepulsten Lasersysteme berücksichtigt. Im Bereich der diffraktiven optischen Elemente untersucht und entwickelt die Arbeitsgruppe darüber hinaus die Strukturierung von anorganischen dielektrischen Schichten mittels Laserablation im Gegensatz zu den üblicherweise verwendeten Ätz- oder Lift-off-Verfahren.

3.5 Strömungs-, Gemischbildungs- und Verbrennungsdiagnostik

In der Arbeitsgruppe, in der zur Zeit 10 Mitarbeiter beschäftigt sind, liegt der Schwerpunkt in der Entwicklung und Anwendung berührungsfreier und hochempfindlicher optischer Messverfahren zur zeitlich und räumlich aufgelösten Erfassung skalarer (Temperatur, Konzentrationen) und vektorieller (Geschwindigkeiten) Größen in reaktiven Strömungen, insbesondere in technischen Verbrennungsprozessen.

Auf diesem Arbeitsfeld sind die Anwendungen der Ramanstreuung zur Bestimmung momentaner räumlicher Dichteverteilungen einzelner Molekülspezies, die Entwicklung der laserinduzierten Prädissoziationsfluoreszenz (LIPF-Technik) zur Bestimmung absoluter Radikalkonzentrationen in technischen Verbrennungsprozessen, sowie der Einsatz molekularer Marker (GIV) zur flächigen Analyse von Strömungsfeldern zu nennen.

Hervorzuheben ist hier die Zusammenarbeit mit dem Volkswagenwerk bei der Entwicklung neuer kraftstoffsparender Otto-Motoren mit Benzin-Direkteinspritzung (FSI). Hier konnten Kraftstoffeinspritzung, Verdampfung, Gemischbildung, Zündung sowie der Ablauf der Verbrennung und Schadstoffentstehung berührungsfrei verfolgt werden. In Zusammenarbeit mit der Firma Siemens gelang die Optimierung großer Gasturbinensysteme. An einem Standort in Großbritannien konnten Vermeidungsstrategien für die Entstehung gefährlicher Brennraumschwingungen entwickelt werden. Die unter Einsatz leistungsstarker abstimmbarer Excimer, Nd:Yag und Farbstofflaser insbesondere im ultravioletten Spektralbereich aufgebauten Messsysteme konnten auch an zahlreichen anderen Anlagen wie Windkanälen, Heizungsbrennern, Ventilatoren und Strahltriebwerken erfolgreich eingesetzt werden. Um einen ausreichenden Know-how Erhalt in dieser Arbeitsgruppe zu garantieren, wäre die Bereitstellung einer ausreichenden Zahl von Dauerstellen in dieser Arbeitsgruppe wünschenswert.

Ein aussichtsreiches zukünftiges Arbeitsfeld ist die Entwicklung mikroinvasiver Sensortechniken, die faseroptisch an industriennahe Versuchsträger adaptiert werden können. Das Arbeitsfeld „Analyse von Mikroströmungen“ sollte in Zusammenarbeit mit neuen Arbeitsgruppen am Max-Planck-Institut für Strömungsforschung in Göttingen rasch ausgebaut und in Anwendungen überführt werden.

Längerfristig kann das erfolgreiche Konzept dieser Arbeitsgruppe zur berührungsfreien Beobachtung komplexer Prozesse durch Adaption entsprechender mikroskopischer Techniken auch im Bereich der Zellbiologie zur Beobachtung molekularer Maschinen eingesetzt werden. Hier könnte sich in Zusammenarbeit mit entsprechenden Arbeitsgruppen ein wichtiges Zukunftsfeld ergeben.

3.6 Umweltmesstechnik

Die drei Mitarbeiter umfassende Arbeitsgruppe beschäftigt sich mit der Entwicklung schneller optischer Methoden zur Analytik von fluoreszierenden organischen Schadstoffen. Hierzu werden mobile, fasergekoppelte Laserfluorimeter in Kombination mit leistungsstarken Analyseverfahren für die Spurenanalytik im Wasser und Boden entwickelt.

Zur Entwicklung dieser Spektrometer wurden Forschungsarbeiten im Bereich miniaturisierter diodengepumpter Festkörperlaser, Quarz-Lichtwellenleiter für den ultravioletten Spektralbereich sowie zu Optroden-Design und Modellierung von Lichtausbreitung im Boden durchgeführt.

Die Arbeiten dieser Gruppe, die sehr stark chemisch ausgerichtet ist, münden in der Entwicklung von feldtauglichen Geräten.

Die geplante Miniaturisierung und Kostenreduzierung des Laserfluorimeters und Ausrichtung in den biomedizinischen Bereich wird ausdrücklich befürwortet. Die anstehende Neuorientierung in vier „Cluster“ mit dem Bereich Spurengasanalytik (Photonische Sensorik) sollte positiv zur Eingliederung genutzt werden. Eine Ausrichtung auf Laserspektroskopie ist zu befürworten, wenn sie zu anderen Bereichen des LLG passt.

4 Ergebnisse und Empfehlungen

Die Gutachtergruppe beurteilt das Institut insgesamt sehr positiv. Nach ihrer Einschätzung stellt das LLG in seiner Struktur und Ausrichtung eine wichtige Einrichtung dar, die im weltweiten Vergleich konkurrenzfähig und auf Teilgebieten sogar weltweit führend ist. Das LLG ist besonders erhaltens- und schützenswert, da es einen wesentlichen Beitrag zur Weiterentwicklung und Vermarktung einer für die Zukunft richtungsweisenden Technologie beiträgt und für den Industriestandort Deutschland daher unverzichtbar ist. Darüber hinaus erfüllt das Institut wichtige Ausbildungsfunktionen für ein auf lange Zeit benötigtes Know-how und sichert für die Region Göttingen Arbeitsplätze in nicht unerheblichem Maße.

Gleichwohl konnten nicht alle Eindrücke und Leistungen gleichermaßen überzeugen. Im einzelnen ergeben sich folgende Einschätzungen und Empfehlungen.

4.1 Bedeutung des Laser-Laboratorium Göttingen

Der Einrichtung in Göttingen kommt in seiner jetzigen Form als Mittler zwischen Wissenschaft und Wirtschaft eine besondere Bedeutung zu. Sie spielt in der wichtigen Nische, die durch die Kombination von Ultrakurzpuls-Lasertechnik und Lasern mit einer Wellenlänge im Ultravioletten (UV, VUV und EUV) entstanden ist, eine führende Rolle und ist entsprechend auch in das Firmen- und Länder-übergreifende Projekt EUV-Lithographie eingebunden. Diese Sonderstellung des LLG ergibt sich zum einen aus der historischen Entwicklung – Göttingen war vor über drei Jahrzehnten weltweit eine der Keimzellen dieser neuen Technologie – und zum anderen aus der zielgerichteten Forschungs- und Entwicklungsplanung der Leitung des LLG. Die internationale Bedeutung des LLG heute lässt sich an der Vielzahl der internationalen Kooperationen und der Entwicklungsaufträge aus dem Ausland ablesen. Dies gilt gleichermaßen für die Arbeitsgruppe Strömungs-, Gemischbildungs- und Verbrennungsdiagnostik. Sie liefert wichtige Anstöße für die Motorenentwicklung in der Automobilindustrie, genießt dabei ein weltweites Renommee und sollte in ihren Bestrebungen sehr unterstützt werden, um das erreichte Niveau, z.B. bei der Entwicklung neuer kraftstoffsparender Motoren mit Benzin-Direkteinspritzung (FSI) dauerhaft halten zu können.

4.2 Qualität der Forschungsleistungen

Das LLG erbringt in vielen Bereichen hervorragende Forschungsleistungen. Der Kernbereich ist - wie im letzten Abschnitt bereits betont - die Ultrakurzpuls-Lasertechnik im ultravioletten Wellenlängenbereich.

Zu diesem Kernbereich gehört untrennbar ein Umfeld, das in anderen Wellenlängenbereichen etablierte optische Verfahren auf den UV-Bereich überträgt und neue Methoden entwickelt. Hier nimmt das LLG eine Spitzenstellung ein. Dennoch kam die Gutachtergruppe zu der Auffassung, dass die Forschungsgruppen am LLG mehr publizieren sollten und offensiv ihre Forschungs- und Entwicklungsleistung mit den Aktivitäten anderer Gruppen national und international vergleichen sollten. Erst der qualitative und quantitative Vergleich mit den Wettbewerbern erlaubt die Einordnung der wissenschaftlichen Leistung. Ein Abschnitt "Stand der Technik", wie er in jedem DFG-Antrag zwingend vorgeschrieben ist, wäre in zukünftigen Selbstberichten wünschenswert. Dies zwingt die Gruppen auch, sich selbst im Detail kritisch mit der Konkurrenz auseinander zu setzen – ein Aspekt, den die Gutachtergruppe fast durchgängig vermisste.

4.3 Forschungsprofil

Die Schwerpunkte der Forschungsarbeiten des Instituts liegen zur Zeit im Bereich der Ultrakurz-puls-Lasertechnik im Ultravioletten bei hoher Leistung, unterstützt durch Dünnschichttechnologie, Materialstrukturierung, Messtechnik und Optik-Design. Etwas davon abgesetzt sind die Bereiche Umweltmesstechnik inkl. Verbrennungsdiagnostik und nichtlineare Optik.

Insgesamt übt die Gutachtergruppe Kritik an der fehlenden Selbstverortung des LLG und seiner Arbeitsgruppen innerhalb des Wettbewerbs sowohl im wissenschaftlichen als auch im wirtschaftlichen Umfeld. Die Bestimmung der eigenen Position ist den Gutachtern nicht klar geworden. Dies ist angesichts der exzellenten Arbeit des LLG bedauerlich. Man sollte mit den vorhandenen "Pfunden wuchern". In diesem Zusammenhang müssen auch die Publikationsstrategien überdacht werden, um die internationale Sichtbarkeit der hochwertigen Forschungsleistungen des LLG weiter zu erhöhen. Eine weitere Steigerung der Sichtbarkeit in der (Fach-)Öffentlichkeit könnte aus Sicht der Gutachtergruppe auch durch die Herausgabe eines regelmäßigen Presse-spiegels o.ä. erreicht werden.

Das LLG sollte eine inhaltliche Abstimmung der verschiedenen Arbeitsgebiete und Interessen auf die Kernbereiche des Instituts betreiben. Die Gutachter empfehlen daher im Sinne einer klaren Profilbildung eine Fokussierung der Institutsaktivitäten auf die Bereiche „Extrem kurze Wellenlängen“, „Femto- und Attosekundensekundenlaser“ und „Photonische Sensorik“.

Dabei schließt letzteres die Bereiche Spurenanalytik und Mikromaterialbearbeitung dort ein, wo eine klare Profilbildung hinsichtlich der Schwerpunkte des LLG vorhanden ist. Diese Empfehlung der Gutachter deckt sich weitgehend mit der vom LLG geplanten Neustrukturierung (s. Abschnitt 4.4).

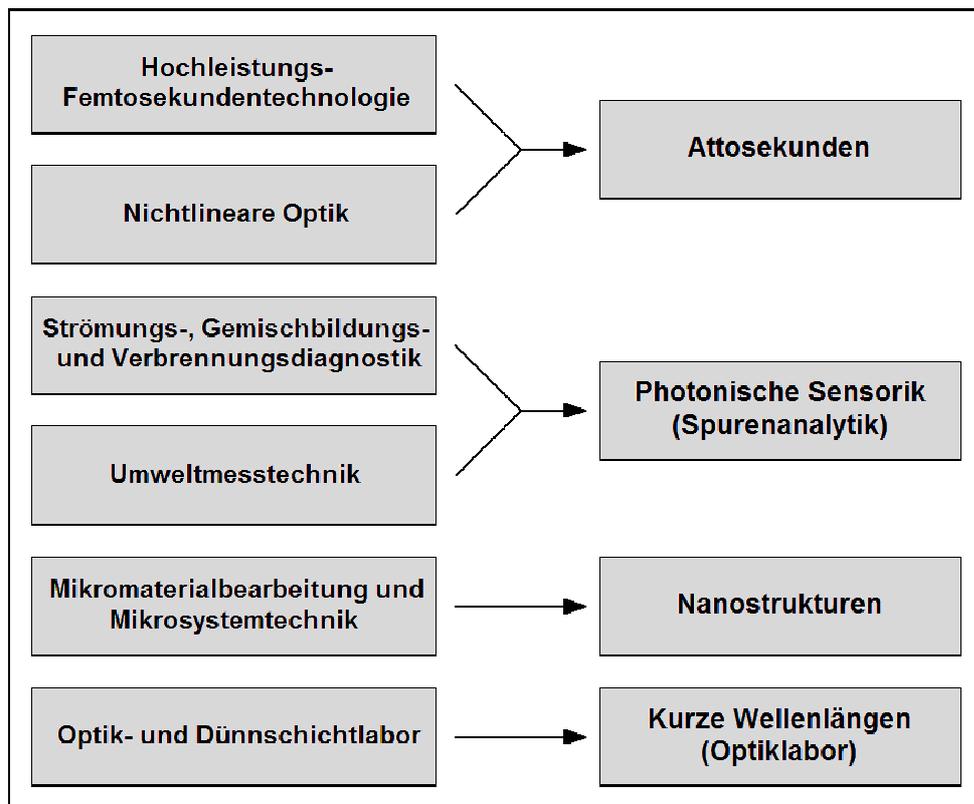
Bei der Wahl der Industrieprojekte und Kooperationen sollten nach Auffassung der Gutachter künftig Firmen mit einem engen thematischen Bezug zu der inhaltlichen Ausrichtung und Fokussierung des LLG bevorzugt werden.

Die Gutachter empfehlen dem LLG außerdem die Möglichkeit einer Beteiligung am universitärem Physik-Master Programm der Universität Göttingen intensiv zu prüfen. Die Beteiligung an einem universitären Studiengang und daraus entstehende Synergieeffekte erscheinen der Gutachtergruppe geeignet, die Profilierung des LLG weiter voran zu treiben. Denkbar wäre ein Modul zu den am LLG vertretenen Einmaligkeiten - kurze und UV-gepulste Laser -.

4.4 Organisationsstruktur

Die am LLG seit 1992 bestehende Arbeitsgruppenstruktur wird zur Zeit auch von Seiten des Instituts neu überdacht. Die Gutachter unterstützten die angestrebte Neuorganisation in höchstens vier Arbeitsgebiete bzw. Cluster (s. Abschnitt 4.3), empfehlen allerdings für den Bereich „Spurenanalytik“ die Umschreibung „Photonische Sensorik“ und für den Bereich „Nanostrukturen“ die Bezeichnung „Optiklabor“ zu verwenden.

Abb. Neustrukturierung des LLG



Daneben besitzt das LLG mit einer eigenen feinoptischen Werkstatt bundesweit eine Spezialität. Die Anfertigung spezieller Linsen, Prismen und anderer optischer Komponenten ist somit ohne Zeitverlust und zusätzliche Kosten möglich, sie verbessert die Konkurrenzfähigkeit des LLG bei der Entwicklung und Herstellung neuer Laser-Geräte. Die kostenneutrale Ansiedlung der Werkstatt am MPI unterstreicht die enge Zusammenarbeit der unterschiedlichen Institutionen und den Stellenwert, der dem LLG von Seiten des MPI entgegengebracht wird.

Die Leistung der Institutsverwaltung wird von der Gutachtergruppe besonders gelobt. Mit derart knappen Ressourcen den gesamten Betrieb des LLG und dessen GmbH zu betreuen, ist gerade unter Berücksichtigung zweier unterschiedlicher Buchführungssysteme außerordentlich verdienstvoll. Es sollten allerdings Strategien entwickelt werden, wie auch längerfristige Personalausfälle kompensiert werden können. Das LLG sollte auch eine einheitliche und flexiblere Tarifstruktur bekommen, um unterschiedliche Vergütung von Landesbediensteten und Drittmittelangestellten angleichen zu können.

4.5 Wissenschaftlicher Nachwuchs

Die Nachwuchsförderung am LLG ist insgesamt als sehr erfolgreich einzuschätzen. Besonders der Know-how Transfer in die Betriebe durch die Rekrutierung der Nachwuchswissenschaftler/innen renommierter Unternehmen, die dem LLG über Industrieprojekte verbunden bleiben, fördert die Bildung von Netzwerken und die künftige Zusammenarbeit. Ein weiteres Kriterium für die Qualität der Nachwuchsförderung stellt die hohe Zahl an Ausgründungen von Firmen aus dem LLG dar. Die Tatsache, dass sich diese Firmen zum Teil räumlich im Photonik-Zentrum ansiedeln und somit in unmittelbarer Nachbarschaft verbleiben, unterstreicht die enge Vernetzung des LLG einmal mehr.

Die Gutachtergruppe ist dennoch der Meinung, dass stärker als bisher die Nähe zu den universitären Einrichtungen gesucht werden sollte, um besonders den Doktorandinnen und Doktoranden eine Erweiterung des wissenschaftlichen Horizontes zu ermöglichen (bspw. durch Lehrveranstaltungen, Tutorenbetreuung u.ä.). Die zum Teil sehr projektbezogene Nachwuchsförderung könnte auf diesem Weg sinnvoll erweitert werden.

Besonders erfreulich für die Gutachtergruppe war, dass mehrere FH-Absolventen nach Abschluss eines Aufbau-Masterprogramms am LLG eine Promotion anstreben. Diese Entwicklung sollte gefördert und ausgebaut werden.

Die bestehenden Probleme, qualifizierten Nachwuchs rekrutieren zu können, wird durch die Neuregelung des BAT und den dadurch bedingten Attraktivitätsverlust für eine wissenschaftliche Tätigkeit weiter verstärkt. Dies stellt allerdings ein generelles und nicht LLG-spezifisches Problem dar.

4.6 Perspektiven

Die Sachausstattung des Instituts besteht größtenteils noch aus den Beständen, die aus der Grundausrüstung Anfang der neunziger Jahre finanziert sind. Dies gilt insbesondere für die Laser. Die Geräte sind daher sehr wartungsintensiv und personalkapazitätsbindend. Mittelfristig sollte daher über Möglichkeiten der Erneuerung der Geräteausstattung nachgedacht werden.

Der Fortbestand der Grundfinanzierung ist unabdingbar, um besonders den Industriepartnern die notwendige Kontinuität der Zusammenarbeit gewährleisten zu können.

Die erfolgreiche Bearbeitung der Schwerpunktthemen des LLG ist eng mit der effizienten Strukturierung in thematisch orientierte Arbeitsgruppen verbunden. Dadurch sind in den einzelnen Bereichen hervorragende Teams entstanden, die die Führungsrolle des LLG in den oben genannten Forschungsbereichen nachhaltig stützen und den international hervorragenden Ruf bestimmen. Dass nicht alle Gruppenleiterpositionen mit unbefristeten Stellen besetzt sind, schwächt jedoch die Leistungsfähigkeit und die Formulierung mittelfristiger Ziele und Perspektiven erheblich. Die aus diesen Beweggründen einhergehenden Strukturüberlegungen des LLG, die bestehenden sechs Arbeitsgruppen in vier „Cluster“ zusammenzufassen und jeden „Cluster“ mit einer unbefristeten Gruppenleiterstelle zu besetzen, wird daher von der Gutachtergruppe nachhaltig unterstützt.

Die Zusage von Seiten des Landes die Grundausrüstung um die entsprechenden Mittel (ca. 90.000 € p.a.) unter Haushaltsvorbehalt ab 2005 aufzustocken, damit die vierte Gruppenleiterstelle unbefristet besetzt werden kann, muss daher unter allen Umständen eingehalten werden.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Der Einsatz von Licht als Werkzeug bildet eine wichtige Zukunftstechnologie des 21. Jahrhunderts und stellt die Grundlage der Laser-Forschung und der Laser-Industrie dar. Deutschland gehört hierbei zu den weltweit führenden Staaten. Das Institut in Göttingen bewegt sich somit sehr gut positioniert in einem weltweit expandierenden Markt.

Das Land Niedersachsen besitzt mit dem LLG ein Institut von Weltruf. Die erfreuliche Arbeitsatmosphäre, die durch ein hohes Maß an Kollegialität und Offenheit geprägt ist, lässt eine „corporate identity“ erkennen, die sich auch in der ungewöhnlich hohen Produktivität des Instituts niederschlägt.

Das Renommee des LLG begründet sich zu einem erheblichen Teil aus den großen persönlichen Verdiensten von Herrn Prof. Marowsky und Herrn Prof. Troe. Beide werden in den nächsten drei Jahren in den Ruhestand gehen. Auch wenn sicherlich beide dem Institut auf die eine oder andere Weise verbunden bleiben werden, um die enorme Vernetzung dieser beiden herausragenden Wissenschaftler für das LLG erhalten zu können, müssen die Weichen für eine adäquate Neubesetzung, vor allem der Institutsleitung frühzeitig gestellt werden.

Erfreulich ist aus Sicht der Gutachtergruppe, dass bereits Überlegungen auf Seiten des LLG bestehen, die Stelle möglichst frühzeitig zu besetzen und das Institut mit einer „Doppelspitze“ zu leiten, um einen fließenden Übergang zu ermöglichen. Dabei ist den Gutachtern besonders wichtig, dass die neue Leitung möglichst frühzeitig in die strategische Zielrichtung und -setzung des LLG mit einbezogen wird.

Durch die Erweiterung und Einrichtung der LLG GmbH und des durch diese betreuten Photonik-Zentrums wird das Profil der LLG im Sinne der Aufgaben des Instituts in eindrucksvoller Weise ergänzt. Es erreicht durch die Bündelung von wissenschaftlicher Expertise und wirtschaftlichem Know-how unter einem gemeinsamen Dach nahezu eine Solitärstellung auf dem weltweiten Gebiet der Laserforschung und Laserindustrie im Bereich kurzer Wellenlängen und muss auch als positives Beispiel der wechselseitigen Befruchtung der Zusammenarbeit von Wissenschaft und Wirtschaft gewertet werden.