



**BERTHOLD LEIBINGER**  
**INNOVATIONSPREIS**  
**ZUKUNFTSPREIS**

**2006**

**„Mit schöpferischem Tun, ob technischer oder künstlerischer Art, ist für mich eine große Faszination verbunden. Und letztlich sind Technik und Kunst gar nicht so verschieden. Ihre besten Ergebnisse sind aus demselben Stoff – dem Stoff, aus dem Träume sind.“**

**Professor Dr.-Ing. E.h. Berthold Leibinger**

”I am truly fascinated by creative activity, regardless of whether technical or artistic in nature. And ultimately, technology and art are really not that far different. The finest results are all cut from the same cloth – our imagination and our dreams.”

Professor Dr.-Ing. E.h. Berthold Leibinger

Es erfordert Willen, Kraft und Mut, sich auf Neues einzulassen. Dies würdigt die Berthold Leibinger Stiftung mit ihrem Innovationspreis alle zwei Jahre.

Wir zeichnen Menschen aus, die Besonderes in der angewandten Laserphysik geleistet haben und bei der Anwendung des Laserlichtes neue Wege gehen. Dass wir uns auf die Lasertechnik konzentrieren, hat mit ihrer technologischen Schlüsselrolle zu tun. Diese erkannte der Stifter, Berthold Leibinger, schon früh.

Zum ersten Mal haben wir dieses Jahr den Berthold Leibinger Zukunftspreis verliehen. Er würdigt grundlegende Arbeiten in der Lasertechnik. Ihre spätere Wirkung, ihre Anwendung sind noch ungewiss. Und es ist – wie bei unserem ersten Zukunftspreisträger zu sehen – nicht immer leicht, sie zu verstehen. Dennoch: Ohne die Grundlagenforschung geht es nicht.

## Wege in die Zukunft | Key to the future

Alle Preisträger des Jahres 2006, ihre Arbeiten und auch die Nominierten stellen wir Ihnen in dieser Broschüre vor. Wir wünschen uns, dass wir Sie mit diesen Einblicken für die faszinierende Welt der Lasertechnik begeistern können.

It requires willpower, strength and courage to explore new horizons. The Berthold Leibinger Stiftung recognizes such excellence in pioneering achievements by awarding its innovation prize every two years. We acknowledge people who have excelled in applied laser physics and have broken new ground for laser applications. Our focusing on laser technology reflects its key role in technology. The donor, Berthold Leibinger, recognized this very early.

For the first time this year, we have awarded the Berthold Leibinger Zukunftspreis. This award recognizes basic studies in laser technology. Their future impact and application may still be uncertain. And we do not always understand them fully – just as the work of our first recipient of the future award. But basic research is vital to progress.

This brochure introduces all the 2006 award recipients and nominees. We hope that these brief insights into the fascinating world of laser technology will inspire you as well.



**Dr. phil. Nicola Leibinger-Kammüller**  
**Geschäftsführerin**  
**der Berthold Leibinger Stiftung**  
Managing Director  
of the Berthold Leibinger Stiftung

## Der Preis | The Prize

Die Erfindung des Lasers in der Mitte des 20. Jahrhunderts war ein Quantensprung: Licht lässt sich maßgeschneidert einsetzen und arbeitet dabei berührungsfrei und hochgenau. Laser sind zuverlässig in Alltagsgeräten wie CD-Player, sie sind präzise Instrumente in der Medizin, Messtechnik und Forschung oder vielseitige Werkzeuge in der Produktion von Mikrochips, Uhren und Autos.

Die Förderung und Würdigung herausragender Entwicklungs- und Forschungsarbeiten zur Anwendung oder Erzeugung des Laserlichts sind Ziele der Berthold Leibinger Preise für Lasertechnik. Sie weisen auf die Bedeutung einer Technologie hin, die für die Lebensqualität unerlässlich ist.

The invention of the laser in the middle of the 20th century was another quantum leap: Light could now be tailored to specific needs, working very precisely and without physical contact. Lasers are very reliable in consumer goods like CD players. They are precise instruments in medicine, measuring technologies and science. They are versatile tools in the production of semiconductors, watches, cars and even cruise ships.

The advancement and appreciation of outstanding development and scientific work on the application or generation of laser light are the objectives of the Berthold Leibinger Awards for laser technology. They give evidence of a technology that is indispensable for the quality of life.

## Die Jury | The Jury

4



Stephen Anderson

Mitherausgeber und Chefredakteur der Laser Focus World  
Associate Publisher and Editor-in-Chief of Laser Focus World

Prof. Dr. med. Hans-Peter Berlien, Chefarzt der Abteilung  
für Lasermedizin, Elisabeth Krankenhaus Berlin  
Chief Physician of the Laser Medical Department,  
Elisabeth Hospital Berlin

Prof. Dr.-Ing. Hubertus Christ, Vorsitzender des DVT –  
Deutscher Verband Technisch-Wissenschaftlicher Vereine  
President of the DVT – German Federation of Technical  
and Scientific Associations

Prof. Dr.-Ing. Helmut Hügel, Universität Stuttgart,  
University of Stuttgart

Prof. Dr. Steven L. Jacques, Oregon Health & Science University

Paul Seiler, Vorsitzender des Beirates, TRUMPF Laser GmbH + Co. KG  
Chairman of the Advisory Board, TRUMPF Laser GmbH + Co. KG

Prof. Dr. rer. nat. Herbert Walther †, Max-Planck-Institut  
für Quantenoptik  
Max Planck Institute of Quantum Optics

Prof. Dr.-Ing. Hans-Jürgen Warnecke  
Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung  
Fraunhofer Institute for Manufacturing Engineering  
and Automation

Seit dem Jahr 2000 zeichnet der **Berthold Leibinger Innovationspreis** alle zwei Jahre drei Arbeiten aus, die praxisnahe Erkenntnisse schaffen und diese zielgerichtet für die Umsetzung einer neuen Technik anwenden. Der Berthold Leibinger Innovationspreis wird international ausgeschrieben und ist mit insgesamt 35.000 Euro dotiert.

Die Forschung erarbeitet oft mit langem Vorlauf die Grundlagen für einen späteren technologischen Wandel. Solche herausragenden Meilensteine in der Forschung prämiiert der **Berthold Leibinger Zukunftspreis** mit einem Preisgeld von 20.000 Euro. Er wird zusammen mit dem Innovationspreis verliehen. Die Jury bestimmt unabhängig von Bewerbungen und Vorschlägen über die Vergabe des Zukunftspreises.

Beginning 2000, the biennial **Berthold Leibinger Innovationspreis** has honored three innovative works that contribute to practical research and development and use the results for targeted implementation of new technologies. The Berthold Leibinger Innovationspreis has an international call for entries and a total sum of 35,000 euros is awarded every two years.

Scientific research often yields the foundations for later technological changes far in advance of the innovation. To recognize such outstanding research milestones, a special prize worth 20,000 euros, the **Berthold Leibinger Zukunftspreis**, is awarded. This future prize is presented together with the innovation prize. There is no call for applicants for the future prize.

## Die Jurysitzung | The Jury Session



Nicht nur während der Jury-Sitzung im März 2006 waren die Juroren gefordert: Für die Endrunde hatten sie vorab aus über 30 Bewerbungen und Vorschlägen aus neun Ländern eine Vorauswahl getroffen. Die Kandidaten der acht nominierten Arbeiten traten aus USA, Frankreich, Großbritannien und verschiedenen Teilen Deutschlands die Reise nach Ditzingen an, um die Juroren persönlich von ihren Laserinnovationen zu überzeugen.

The jurors' assistance was required not only for the Jury meeting in March 2006: In advance of the final round they preselected from over 30 applications and proposals from nine countries. The candidates from the eight nominated projects came to Ditzingen from the USA, France, Great Britain and different cities of Germany to demonstrate their laser innovations to the jurors.



**Die Preisverleihung** | Eine feierliche Ehrung der Preisträger und angeregte Gespräche in ausgelassener Stimmung: Die Preisverleihung am 3. Juli 2006 war Treffpunkt für 250 ge-



<sup>6</sup> ladene Gäste. Den geeigneten Rahmen bot das TRUMPF Vertriebs- und Servicezentrum in Ditzingen. Acatech-Präsident Professor Dr.-Ing. Joachim Milberg hielt die Festrede zum

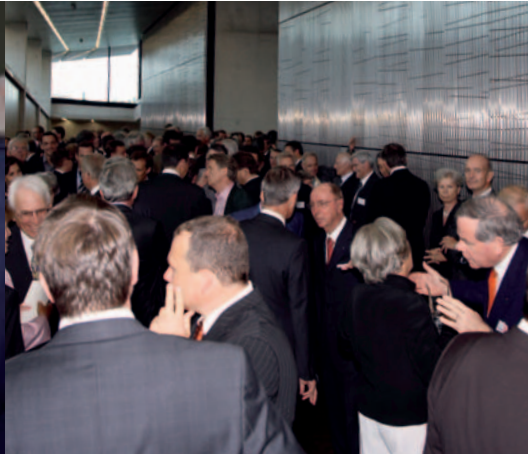


Thema „Innovation braucht Klimawechsel“. Mit der Geschichte und Bedeutung von Licht setzte sich der bei der Preisverleihung uraufgeführte Film „Lichtgestalten“ auseinander.



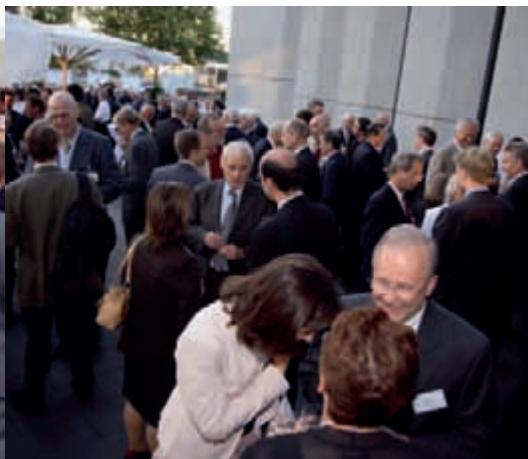


**The Festivity** | Ceremonial awards presentations and talks in cordial atmosphere: The awards ceremony on July 3rd was the gathering place for 250 invited guests. The TRUMPF



Sales and Service Center in Ditzingen, Germany, was a perfect venue. Acatech President Professor Dr.-Ing. Joachim Milberg delivered a speech on “Innovation Needs a Change in

7



Climate“. The film debut “Icons in Light” at the awards ceremony addressed the history and importance of light.



## 1. Preis | 1. Prize

**Zell-Taxi** | Sie hatte die Idee und er das Geschick. Dr. Karin und Raimund Schütze entwickelten und bauten ein Laser-Katapult für lebende Zellen. Dieser berührungslose Transport vom Objektträger eines Mikroskops in einen Auffangbehälter ist für Zellforscher und Biotechnologen von unschätzbarem Wert.

Dr. Karin Schütze  
Raimund Schütze



### Start im Keller | von Wolfgang Kempkens, WirtschaftsWoche

Der Weg, der Dr. Karin Schütze und ihren Mann Raimund Schütze zum Innovationspreis der Berthold Leibinger Stiftung geführt hat, begann vor mehr als 20 Jahren. Damals entdeckte Karin Schütze am Heidelberger Institut für Angewandte Physikalische Chemie, dass Mikrolaser faszinierend vielseitige Werkzeuge für die Zellbiologie sind. Sie können Zellen schneiden, perforieren und fusionieren oder auch Chromosomen zerstückeln – theoretisch zumindest. Doch ständig war das raumfüllende Lasersystem dejustiert, und bis dieses endlich wieder funktionierte, waren die biologischen Proben meist abgestorben.

Wenig später weihte der Physiker Art Ashkin Karin Schütze während eines Aufenthalts im kalifornischen Berkeley in die Geheimnisse der optischen Falle ein. Ashkin hatte entdeckt, dass sich Mikropartikel durch optische Kräfte bewegen lassen, die im Fokus eines Laserstrahls entstehen. Seine optische Falle kann einzelne Zellen einfangen, festhalten und bewegen. Aber auch Art Ashkins Apparat war alles andere als kompakt und zuverlässig.

Für die Zellbiologin Karin Schütze war das ein Signal. Sie entwickelte gemeinsam mit ihrem Mann, der als Goldschmiedemeister einige Semester Physik und Elektrotechnik studiert hatte, ein Gerät, das um Größenordnungen kleiner war als die Aufbauten in Heidelberg und Berkeley. Vor allem war es zuverlässiger und wesentlich einfacher zu bedienen. Die Schützes gründeten 1993 die P.A.L.M. GmbH. Erster Firmensitz war das Einfamilienhaus in Wolfratshausen. Zunächst reichte der Keller aus, später belegten die Jungunternehmer zusätzlich ein Kinderzimmer und das Wohnzimmer. Nach mehreren Umzügen kam das junge Unternehmen an den heutigen Sitz nach Bernried am Starnberger See. Dort setzten sie mit einem engagierten Team von Mitarbeitern neue Ideen um und vermarkteten sie international. Aus einer frühen strategischen Partnerschaft mit Zeiss wurde schließlich mehr: Seit Oktober 2004 ist P.A.L.M. eine 100-prozentige Tochter der Carl Zeiss AG.

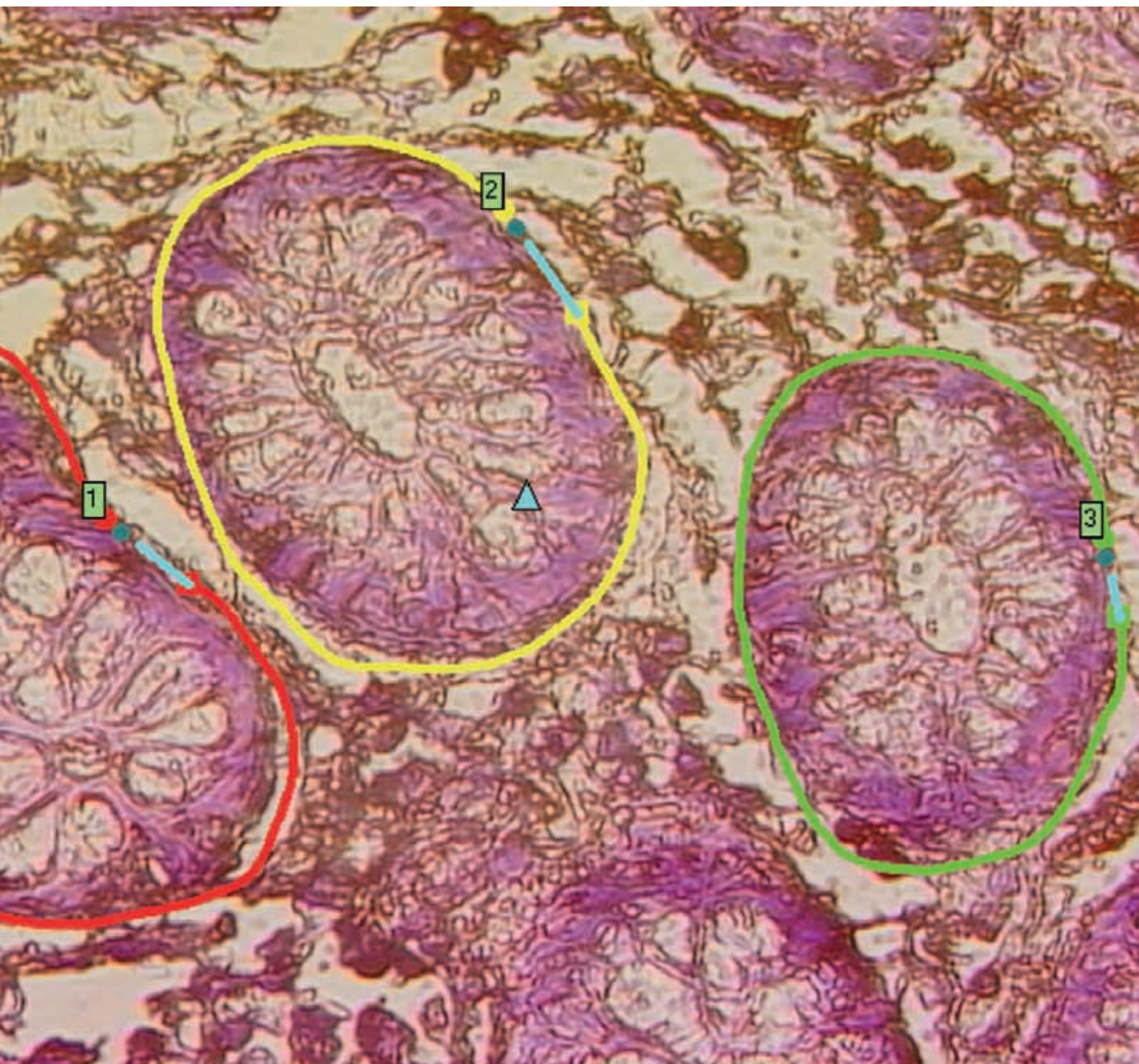
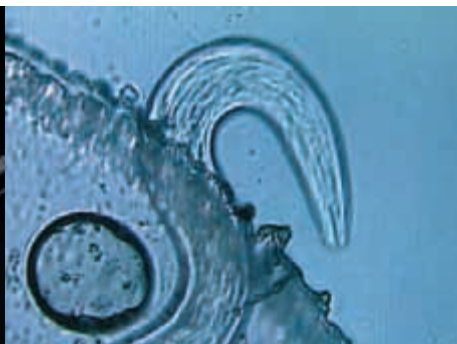
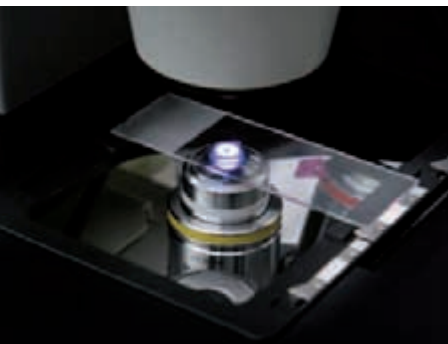
Neben dem Einsatz eines kompakteren Lasers galt es, den Laserstrahl in das Beobachtungsmikroskop so einzukoppeln, dass er bei allen Vergrößerungen, bis zu tausendfach, im Zentrum der Beobachtungsebene blieb, um dort die ge-

wünschten Aktionen wie Schneiden oder Abtrennen einzelner Zellen ausführen zu können. Die dazu nötigen optischen Bauteile galt es mit unvorstellbarer Präzision zu integrieren. Zudem mussten die beiden den Mikroskop optisch anpassen, denn zum Schneiden sollte nicht der Laserstrahl bewegt werden, sondern die Probe mithilfe des Mikroskops. Nur: Es gab keine Tische, die sich auch nur ansatzweise präzise genug navigieren ließen. Also entwickelten die Schützes selbst einen Präzisionstisch, der auf alle eingesetzten Mikroskope passen musste.

Am faszinierendsten ist die Abtrennung und Gewinnung einzelner Zellen aus einem ganzen Verbund: Der Laser schneidet aus und katapultiert die isolierten Zellen vom Objektträger in ein Auffanggefäß. Ins direkte Umfeld der interessierenden Zelle schießt dazu ein UV-Laser für einen winzigen Bruchteil einer Sekunde einen hohen Energiepuls, der ein Mikroplasma erzeugt, welches die Zelle aus dem Verbund herauskatapultiert, so die Vermutung. Der genaue Zusammenhang dieses Transports ist bis heute nicht eindeutig geklärt. Die Zelle selbst nimmt keinen Schaden, weil Aufbau und Zusammenbruch des Mikroplasmas so schnell vor sich gehen, dass auf das Umfeld keine Wärme übertragen wird.

Krebsforscher und andere Mediziner profitieren von dieser Technik, indem sie Proben mit genau den Zellen erhalten, die sie interessieren. Zur präzisen Ermittlung des genetischen Fingerabdrucks setzen beispielsweise das FBI, Scotland Yard und das Bundeskriminalamt das P.A.L.M.-Gerät ein. Pharmakonzerne nutzen es, um neue Wirkstoffe an selektierten Zellen zu testen, und Pflanzenzüchter isolieren damit verschiedenartige Zellen. Auch Genom- und Proteomforscher erkennen zunehmend die Vorteile von reinem Probenmaterial.

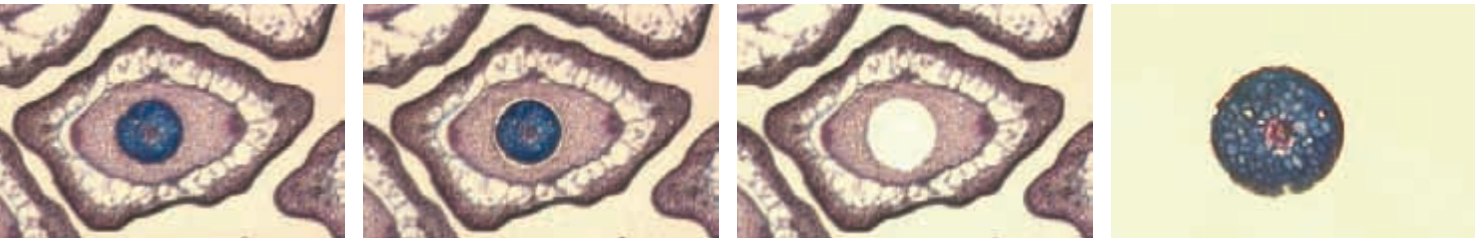
Auf den Einsatz der berührungslosen Mikrodissektion und des Laser-Katapults kann künftig niemand mehr verzichten, der mit Zellen und zellbiologischem Material molekularbiologischen Fragestellungen nachgeht. Gutachter wissenschaftlicher Zeitschriften verlangen bereits heute, dass Arbeiten zur Aufklärung genetischer Defekte nur noch mit reinen Proben zulässig sein sollen.



**Cell-Taxi** | She had the idea; he had the skill. Dr. Karin und Raimund Schütze developed and built a catapult for living cells working without physical contact. This new method for cell transportation from the object holder into a catcher is invaluable for researchers in cell and biotechnology.

## It All Started in the Basement |

by Wolfgang Kempkens, WirtschaftsWoche



10

The path that led Karin Schütze and her husband Raimund to the innovation prize awarded by the Berthold Leibinger Stiftung began more than 20 years ago. At that time, Karin Schütze, who was doing research at the Institute for Applied Physical Chemistry in Heidelberg, Germany, discovered that microlasers were fascinating and versatile tools in cell biology. They could cut, perforate and merge cells or even divide chromosomes – theoretically at least. However, the laser system which filled an entire room was constantly going out of alignment and by the time the situation was rectified, the biological samples had died off.

A few years later, during a visit to Berkeley, California, physicist Art Ashkin let Schütze in on the secrets of the optical trap. Ashkin had discovered that microparticles can be moved by optical forces that develop in the focus of a laser beam. But Ashkin's microlaser, too, was anything but reliable.

For cell biologist Karin Schütze this was a sign. Working together with her husband – he is a trained goldsmith and studied physics and electrical engineering for a few semesters – they developed a device which was considerably smaller, dead reliable and far easier to use than the systems in Heidelberg and Berkeley. In 1993 they founded the P.A.L.M. GmbH. The company's first headquarters was their single-family house in the Munich suburb of Wolfratshausen. The basement was big enough at first, but soon the young entrepreneurs spread out to the nursery and the living room. After several moves the young company found a home at its present office in Bernried, on beautiful Starnberg Lake in Bavaria. They and their highly dedicated team turned new ideas into reality and brought them to the international market. The early strategic partnership with Zeiss grew and expanded: Since October 2004 P.A.L.M. has been a 100 per cent subsidiary of the Carl Zeiss AG.

The task was not only to introduce more compact lasers. The laser beam had to be coupled to the observation microscope so that the viewing area would stay centered even at magnification of up to a thousand times. Otherwise it would be impossible to cut or separate individual cells accurately. The optical components needed for this purpose had to be integrated with incredible precision. Moreover, Mr. and Mrs. Schütze also had to modify the microscope stage because during cutting work it isn't the laser beam that is supposed to move, but rather the sample, with the help of the microscope. But there was a problem: Stages that could be navigated precisely enough simply didn't exist. So the couple developed a high-precision stage which had to fit all the microscopes used.

The most fascinating work is separating and recovering individual cells from tissue. The laser first cuts out single cells and then catapults them out of the viewing plane. The UV laser shoots a high energy pulse lasting only a tiny fraction of a second directly into the environment around the isolated cells. It is assumed that this generates microplasma which catapults the isolated cell out

of the tissue. To this day this type of transport has not been well investigated. The cell suffers no damage because the formation and collapse of the microplasma take place so fast that no heat is transmitted to the environment.

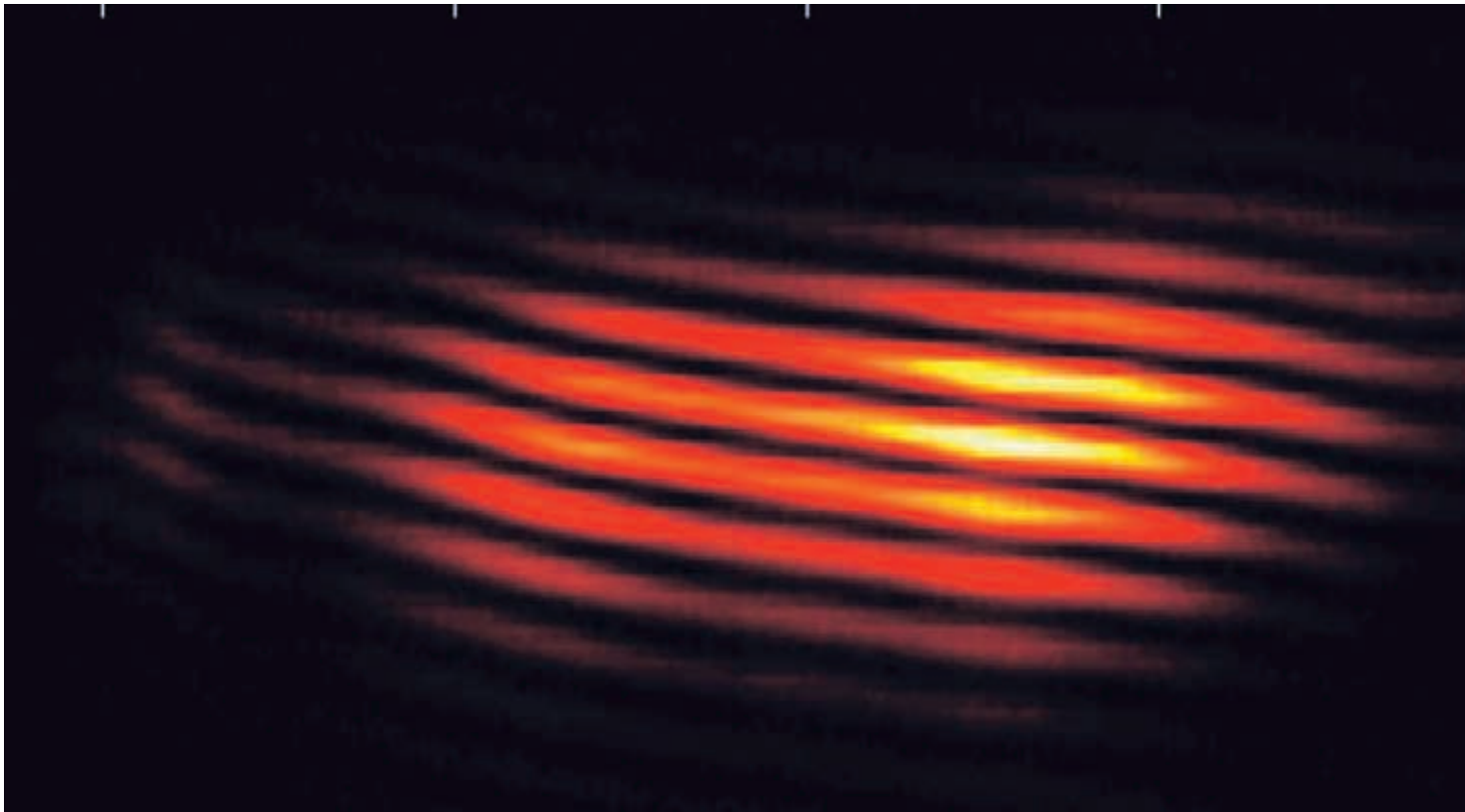
Cancer researchers and other medical professionals are benefiting from this technology as they recover probes with exactly those cells which are of interest. To precisely determine genetic fingerprints the USA's FBI, England's Scotland Yard and Germany's Federal Criminal Police Office all use the P.A.L.M. device. Pharmaceutical companies use it to test new agents on selected cells and plant breeders separate different types of cells. Genome and proteome researchers, too, are increasingly recognizing the advantages of pure specimen material.

The technology will be indispensable in the future for anyone performing experiments with cells and cellular biological material when exploring questions in molecular biology. Even now, editors of scientific publications are demanding that work aiming to explain genetic defects be admissible only if carried out using pure specimens.

## 2. Preis | 2. Prize

**Schnell wie das Licht** | Ultrakurze Laserpulse dauern mitunter nur den milliardsten Teil einer Millionstel Sekunde an. In dieser Zeit bewegt sich Laserlicht mit einer Geschwindigkeit von über einer Milliarde Stundenkilometern nur um Haaresbreite. Professor Ian Walmsley erfand ein Messgerät, um diese wichtigen Laserpulse einzeln zu vermessen – Tausende pro Sekunde.

### Der Lichtvermesser | von Hanno Charisius, Technology Review



**Prof. Dr. Ian A. Walmsley**

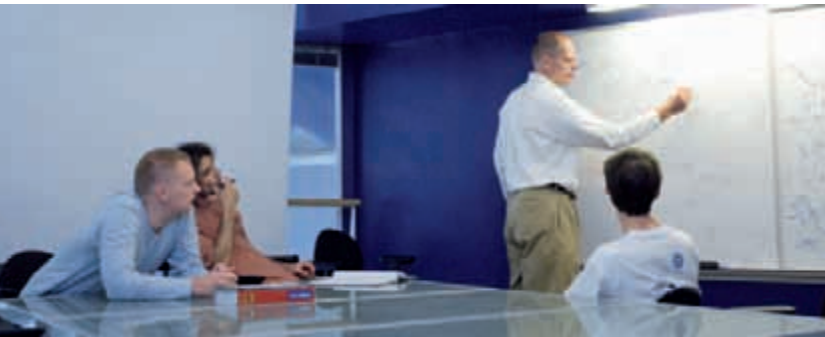
Mag sein, dass Lucky Luke schneller zieht als sein eigener Schatten. Aber gegen das, was Professor Ian A. Walmsley kann, wirkt der Comic-Revolverheld doch ein wenig abgehalftert. Der Physiker von der University of Oxford kann Lichtblitze vermessen, die so kurz sind, dass ... Nein, es gibt einfach keinen passenden Vergleich. Der Mann scheint schneller zu sein als das Licht.

Professor Walmsley hat ein Gerät entwickelt, das Lichtblitze von der Dauer einer Femtosekunde – das ist der milliardste Teil einer Millionstelsekunde – exakt vermessen kann; in dieser Zeit legt das Licht einen Weg von weniger als einem Mikrometer zurück. Und in diesem unvorstellbar kurzen Moment entreißt Walmsleys Erfindung einem Energieblitz sämtliche Informationen, die man braucht, um mit ihm exakt arbeiten zu können.

Seit den 1980er-Jahren ist es möglich, Laserblitze von der Dauer einiger Femtosekunden zu erzeugen. Seither suchen Wissenschaftler nach Möglichkeiten, diese ultrakurzen Energiepulse, die kürzer sind als die typische Dauer der Wechselwirkung zwischen Atomen und Molekülen, präzise zu vermessen. Mit exakten Laserblitzen lassen sich Moleküle zerhacken und chemische Reaktionen im Reagenzglas steuern. Aber Femtosekundenlaser bohren auch hochpräzise, winzige Löcher, im Operationssaal schneiden sie am Auge, beim Zahnarzt entfernen sie Karies. Die ultrakurzen Laserpulse verdampfen das bestrahlte Material, die Randbereiche aber bleiben kalt.

Um so exakt zu treffen, muss man sehr genau wissen, womit man überhaupt schießt. Dafür hat Ian Walmsley „SPIDER“ entwickelt. Das steht für „Spectral Phase Interferometry for Direct Electric-field Reconstruction“ und ist heute neben einem weiteren, dem Frog-Verfahren, die Methode der Wahl zur vollständigen Messung ultrakurzer Lichtimpulse. Wie ein Oszilloskop ein elektrisches Signal charak-

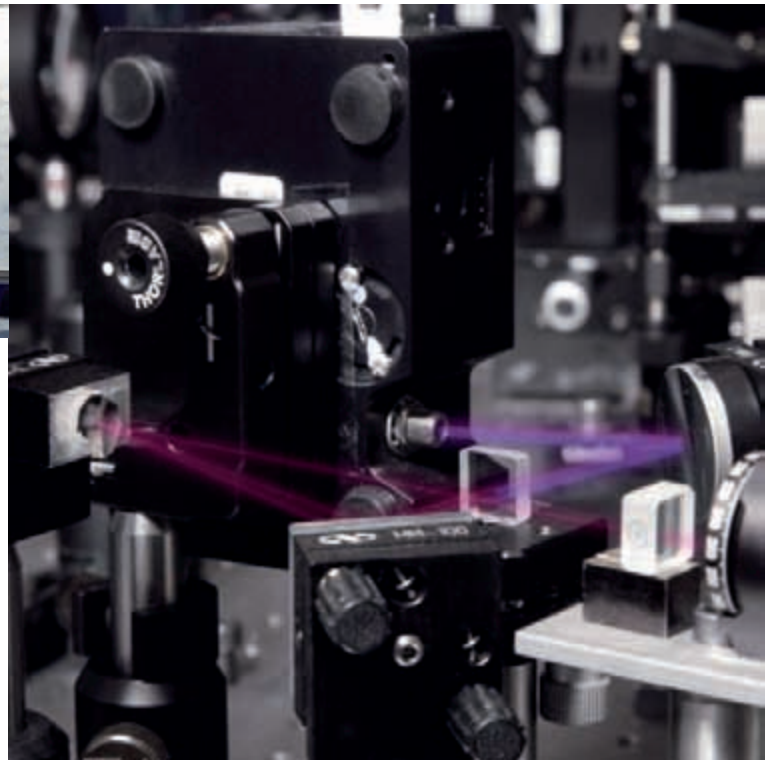
**As fast as light** | The duration of ultra short laser pulses lies in the range of a billionth part of a millionth of a second. In this time laser light barely moves by a hairbreadth. Professor Ian A. Walmsley invented a device for measuring these fundamentally important laser pulses individually; thousands per second.



terisieren kann, so beschreibt Spider selbst optische Impulse. Laserforscher schätzen das Spider-Verfahren aufgrund seiner konzeptuellen Eleganz, seiner Zuverlässigkeit und seiner vergleichsweise einfachen Anwendung.

Ian Walmsley begann 1990, sich mit dem Problem der Vermessung ultrakurzer Laserpulse zu befassen. Drei Jahre später hatte er das theoretische Fundament für das 1996 erfundene Spider-Verfahren gelegt. Der erste Aufsatz über die neue Methode erschien 1998 im Fachblatt *Optical Letters* und war der meistzitierte Artikel des Jahres. Seither entstanden zahlreiche Varianten und Spider hat sich ein breites Anwendungsgebiet erschlossen. Entsprechende Messgeräte sind mittlerweile von den Herstellern APE in Berlin und DelMar Photonics in San Diego, Kalifornien, kommerziell verfügbar.

Walmsleys Spider arbeitet so exakt, wie es für viele heute bereits übliche Femtosekundenlaser-Anwendungen – wie das Markieren oder Bearbeiten – gar nicht nötig ist. Zurzeit hilft Spider deshalb vor allem Grundlagenforschern bei ihrer Arbeit. Entsprechend überschaubar ist noch der Markt für diese Geräte. Doch der Erfinder sieht zukünftige Anwendungen beispielsweise in der Telekommunikation, um höhere Nutzungsbandbreiten in den bestehenden Glasfasernetzen zu erzielen, aber auch in der mikroskopischen Untersuchung biologischer Proben. Trotzdem glaubt er nicht daran, dass bald ein Femtosekundenlaser in jedem Haushalt stehen wird. Aber, so sagt Ian Walmsley, in der Wissenschaft warte hinter jeder Ecke eine Überraschung, und er hoffe, dass er überrascht wird.



## The light gauger | by Hanno Charisius, Technology Review

Lucky Luke might move faster than his own shadow. But compared to what Professor Ian Walmsley can do, the comic book hero does seem a little deflated. The physicist from the University of Oxford can measure light flashes that are so short that ... oh, it's just impossible to compare. This man seems to be faster than light.

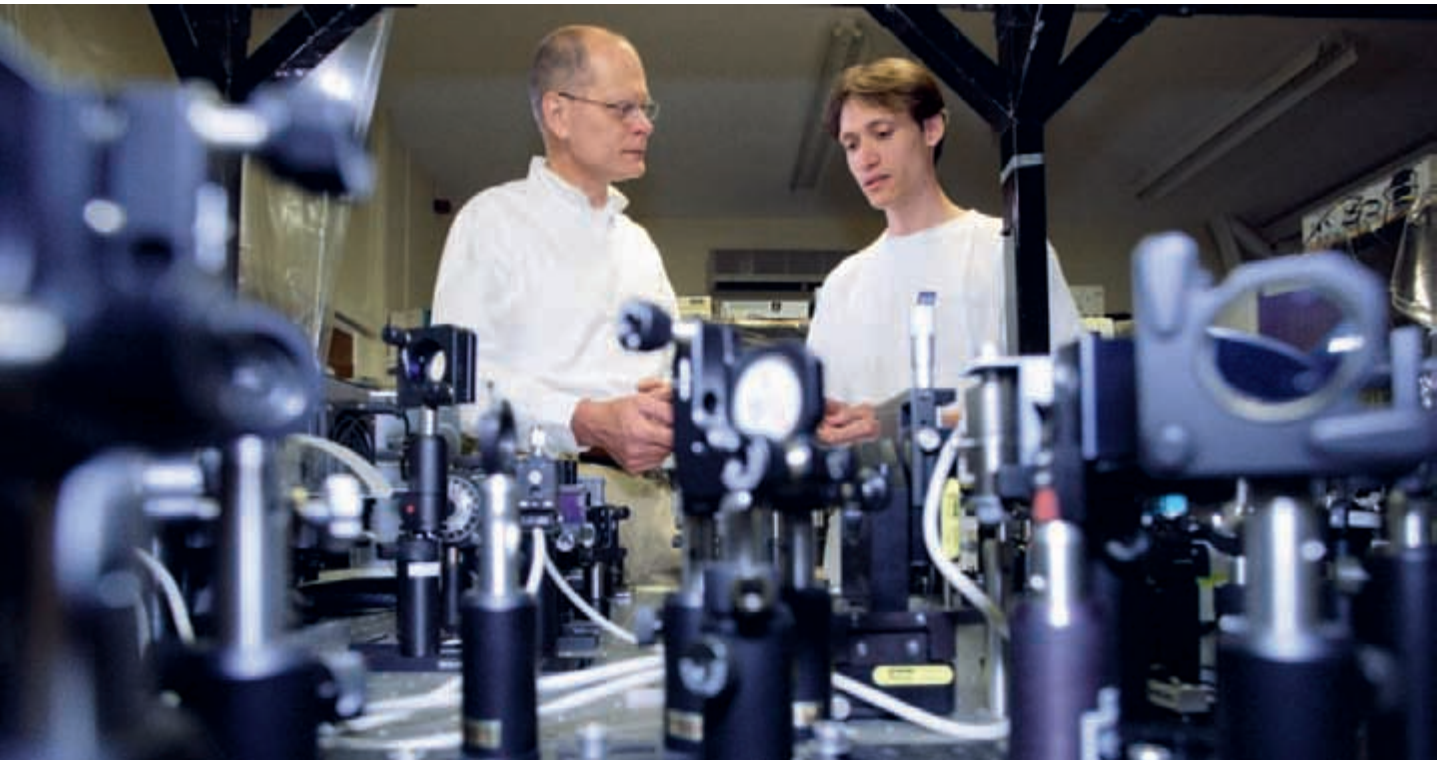
Ian A. Walmsley has developed an instrument that can exactly measure light flashes of the duration of a femtosecond – that is the billionth of a millionth second; during this period, light will travel a distance of less than one micrometer. In this unimagine-

able way, Walmsley's invention extracts all the information from a pulse of energy that is needed to work with it in an accurate manner.

ometry for Direct Electric-field Reconstruction" and is today, together with one other technique, the best method for completely measuring ultrashort light pulses. Just as an oscilloscope can characterize an electrical signal, Spider itself describes high-bandwidth optical pulses. Laser researchers value the Spider technique for its conceptual elegance, its reliability, and the comparatively simple way of using it.

In the year 1990 Ian Walmsley started looking intensively at the problem of measuring ultrashort laser pulses; three years later he had already laid down the theoretical foundation for the Spider procedure that he invented in 1996. The first essay about the new method appeared in 1998 in the journal, *Optical Letters*, and it became the most frequently cited article of the year. Since then, numerous variants have been developed and Spider has opened a wide range of applications. The corresponding measuring instruments are now commercially available – manufactured by APE in Berlin, Germany, and DelMar Photonics in San Diego, USA.

Walmsley's Spider works so precisely that this level of precision is not required for many of the commercial femtosecond laser



ly short instant, Walmsley's invention extracts all the information from a pulse of energy that is needed to work with it in an accurate manner.

Since the 1980s, it has been possible to generate light flashes of the duration of a few femtoseconds and since then, scientists have been looking for options to precisely measure these minuscule energy pulses that typically last for a period shorter than the interaction between atoms or molecules. Using exactly tailored laser flashes, one can split molecules and control the chemical reactions in a test tube. But femtosecond lasers can even drill tiny highly precise holes; in the operating room they can operate on eyes; they can help a dentist to remove caries. The ultrashort laser pulses cause the irradiated material to evaporate; the surrounding areas remain cold.

However, to make such exact contact you also need to know exactly what is being used to shoot with. For this purpose, Ian Walmsley developed "SPIDER"; it stands for "Spectral Phase Inter-

applications, such as marking or machining. Currently, Spider is therefore mainly helping fundamental research scientists in their work; and the market for such devices is at present relatively small. The inventor foresees the future use of Spider in wider applications, such as telecommunication, in order to improve the efficiency of the existing fiber optical networks as well as in the field of microscopic examination of biological samples. Despite this, Ian Walmsley does not think that femtosecond lasers will be a part of every household in the near future. But in his opinion in science there are surprises around every corner. And he hopes that he'll be surprised some day.

### 3. Preis | 3. Prize

**Präzisions-Regenbogen** | Licht ist eine elektromagnetische Welle, deren Schwingung tausendfach schneller ist als die schnellste Elektronik – Terahertz statt Gigahertz. Doch wie misst man solche Schwingungen? Bisher nur mit sehr großem Aufwand für Hochpräzisionsmessungen von Längen und Zeiten.

Dr. Michael Mei und Dr. Ronald Holzwarth realisierten mit dem wie ein Regenbogen leuchtenden Frequenzkamm ein sehr einfaches Gerät im handlichen Kofferformat.

#### **Lineal aus Licht |**

von Roland Wengenmayr, Physik in unserer Zeit

Bis vor Kurzem konnte kein praxistaugliches Gerät die Frequenz von Licht direkt messen, denn Licht schwingt extrem schnell. Den Durchbruch brachte erst der optische Frequenzkamm. Aus dieser revolutionären Technologie entwickelten Dr. Michael Mei und Dr. Ronald Holzwarth eine Familie von Hightech-Lasergeräten. Diese erlauben eine enorm präzise Vermessung der Zeit, von Entfernungen oder von Lichtspektren.

Mit ihrem Doktorvater Professor Theodor Hänsch gründeten Mei und Holzwarth 2001 die Menlo Systems GmbH am Max-Planck-Institut für Quantenoptik in Garching. Weitere Partner unterstützten sie dabei. Ronald Holzwarth ist Cheftechnologe und Michael Mei Geschäftsführer des jungen Unternehmens, das heute seinen Firmensitz in Martinsried hat. Menlo Systems entwickelte aus dem Frequenzkamm mithilfe der Faserlasertechnologie den „optischen Frequenzsynthesizer“. Das ist ein handliches Lasergerät, mit dem man die Frequenz von sichtbarem Licht extrem genau messen kann. Rund um dieses Gerät bieten die Martinsrieder eine stetig wachsende Familie weiterer Produkte an. Damit transferierten sie die Frequenzkammtechnologie auch in andere technische Anwendungen.

Das Österreichische Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen war der erste Kunde, viele weitere nationale Standardlabors sind hinzugekommen. Mit der Martinsrieder Technik können die Metrologen genauere Längen- und Zeitstandards herstellen. Die Frequenzkammtechnologie liefert auch die „Uhrwerke“ für zukünftige optische Uhren. Diese Uhren ticken hunderttausendmal schneller als heutige Cäsium-Atomuhren und messen die Zeit entsprechend genauer. Sie werden beispielsweise eine präzisere Satellitennavigation ermöglichen.



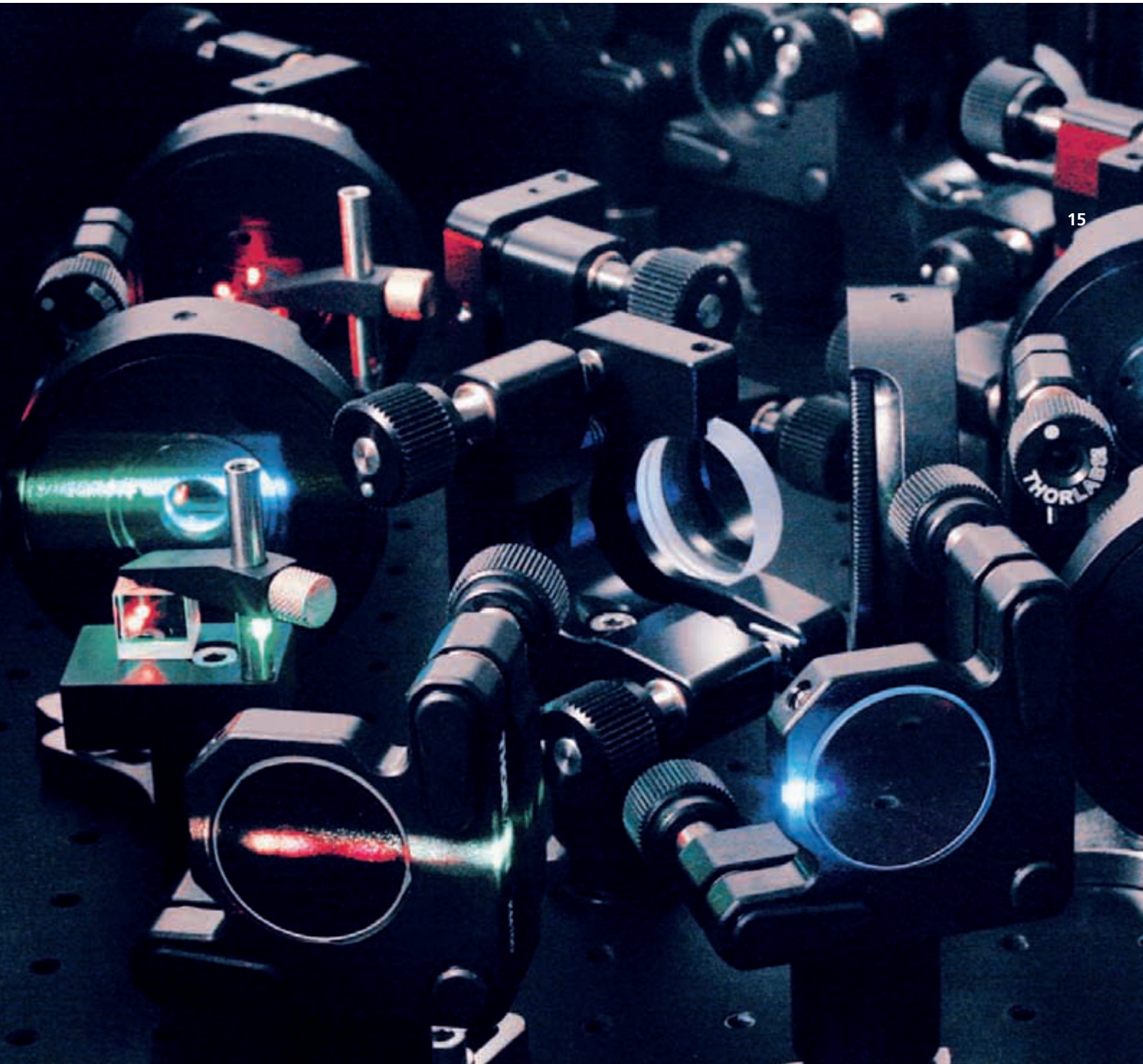
**Dr. Ronald Holzwarth**

**Dr. Michael Mei**

Die Faserlasersysteme von Menlo Systems finden unterschiedliche Einsatzgebiete in Wissenschaft und Industrie. Ziel ist immer eine genaue Messung der Zeit, einer Strecke oder die präzise spektroskopische Bestimmung von optischen Frequenzen. Erst die Frequenzkammtechnologie erlaubt es, seit den späten 1990er-Jahren, die Frequenz von Licht – also seine Farbe – in der Praxis direkt und extrem genau zu messen. Sichtbares Licht schwingt ungeheuer schnell; pro Sekunde führt es fast eine Million Mal eine Milliarde Schwingungen aus. Kein elektronischer Zähler hält da mit. Die Messpraxis musste deshalb lange auf die Bestimmung der Wellenlänge des Lichts ausweichen um den Preis einer begrenzten Genauigkeit.

Mitte der 1990er-Jahre hatte Theodor Hänsch die entscheidende Idee für eine Technik, die eine elegante Frequenzmessung ermöglicht. Sie nutzt eine besondere Eigenschaft ultrakurzer Laserpulse. Das Licht dieser Pulse erscheint zwar weiß, besteht aber aus einer Mischung vieler separater Lichtfarben mit genau definierter Schwingungs-

frequenz. Das unterscheidet es vom kontinuierlichen Spektrum des Sonnenlichts oder einer Glühbirne. Im Spektrum des Laserlichts liegen die Farblinien dicht nebeneinander, wie die Zinken eines feinen Kamms. Hänsch erkannte, dass sich daraus ein „optisches Getriebe“ konstruieren lässt. Die „Zahnräder“ aus Laserlicht untersetzen die schnellen Lichtschwingungen präzise in eine Mikrowellenfrequenz. Diese tickt langsam genug für einen elektronischen Zähler. Die Erfindung der optischen Frequenzkammtechnologie lobte das Stockholmer Komitee besonders, als es 2005 Theodor W. Hänsch sowie den Amerikanern John L. Hall und Roy J. Glauber den Nobelpreis für Physik verlieh.



## A Ruler Made of Light | by Roland Wengenmayr, Physik in unserer Zeit

Light oscillates extremely fast and that is why, until recently, no product suitable for real-world use could measure its frequency directly. The optical frequency comb was the first to make the breakthrough. Based on this revolutionary technology Dr. Michael Mei and Dr. Ronald Holzwarth developed a family of high-tech laser devices. These allow for enormously precise measurement of time, of distances or of light spectra.

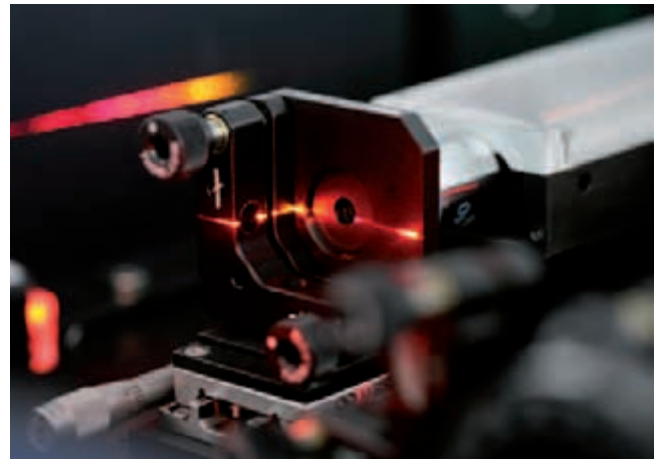
In 2001 along with their academic advisor, Professor Theodor W. Hänsch, Mei and Holzwarth founded Menlo Systems GmbH at the Max Planck Institute of Quantum Optics in Garching, a suburb of Munich. Other partners helped them. Ronald Holzwarth is chief technology officer and Michael Mei is managing director of the young company that now has its headquarters in Martinsried, also near Munich. Menlo Systems developed the "optical frequency synthesizer" from the frequency comb with the aid of fiber laser technology. This is a small laser device with which the user can measure the frequency of visible light very precisely. The company offers a steadily growing family of products revolving around this product. In so doing they have transferred the frequency comb technology to other technical applications.

The Austrian Federal Office for Metrology and Surveying was Menlo Systems' first customer. Today, many other national standardization labs have followed that lead. Thanks to this German technology, metrologists can establish more accurate standards for length and time. The frequency comb technology also supplies "optical works" for future optical clocks. These clocks tick one hundred thousand times faster than today's cesium atomic clocks, and measure the time with a correspondingly higher degree of accuracy. They enable more precise satellite navigation.

The fiber laser systems developed by Menlo Systems are used in many different fields of science and industry. But the goal is always the accurate measurement of time or distance – or the precise spectroscopic determination of optical frequencies. Since the late 1990s, frequency comb technology has allowed the frequency of light – its color – to be measured directly and extremely accurately. Visible light oscillates unbelievably fast, one million times a billion times per second. Therefore, the old practice was to measure the wavelengths instead, at the price of reduced accuracy.

In the mid-1990s Professor Theodor Hänsch formulated a critical concept for a technology that can do this. It uses a special feature of the ultra-short laser pulse. The light in this pulse may appear to be white, but it actually consists of a mixture of many separate light colors with a precisely defined oscillation frequency. This distinguishes laser light from the continuous spectrum of sunlight or a light bulb. In the laser light spectrum, the color lines lie very close to one another, like the teeth of a fine comb. Hänsch recognized that this could form the basis of an "optical gearbox". The "sprockets" of laser light step down fast light oscillations into the slower microwave frequency range. These oscillations "tick" slowly enough for an electronic counter to record them. The invention of optical frequency comb technology received particular praise from the Stockholm Committee when it awarded Theodor Hänsch, John L. Hall and Roy J. Glauber the 2005 Nobel Prize for Physics.

**Precision rainbow** | Light is an electromagnetic wave oscillating thousands of times faster than the fastest electronics; terahertz instead of gigahertz. But how can one measure such oscillations? To date only with very complex systems for ultra high precision measurement of length and time. With the handy desktop frequency comb, shining like a rainbow, Dr. Michael Mei and Dr. Ronald Holzwarth have realized a very simple device.



## Weitere Nominierte | More Nominated

**Acht Kandidaten nominierte die Jury für den Berthold Leibinger Innovationspreis 2006. Sie wurden eingeladen, ihre Arbeit bei der Jury-Sitzung persönlich zu präsentieren und erhielten eine Auszeichnung für die Nominierung.**

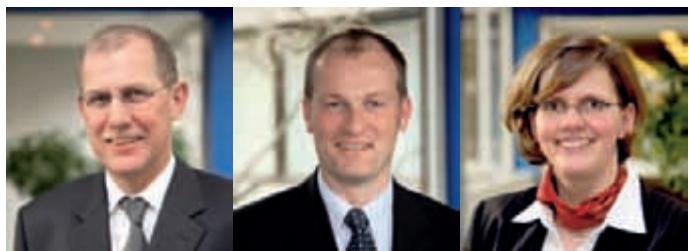
The jury nominated eight candidates for the Berthold Leibinger Innovationspreis 2006. They were invited to present their work at the jury session and received a distinction for the nomination.



17

Das erstmals flächendeckend eingesetzte Laserschweißkonzept in der Produktion des Audi A2 mit Aluminiumkarosserie war ein Quantensprung für den Lasereinsatz im Automobilkarosseriebau.

The first area-wide laser welding concept in the production of the Audi A2 with aluminum car body has been a quantum leap for the application of laser technology in body-in-white.



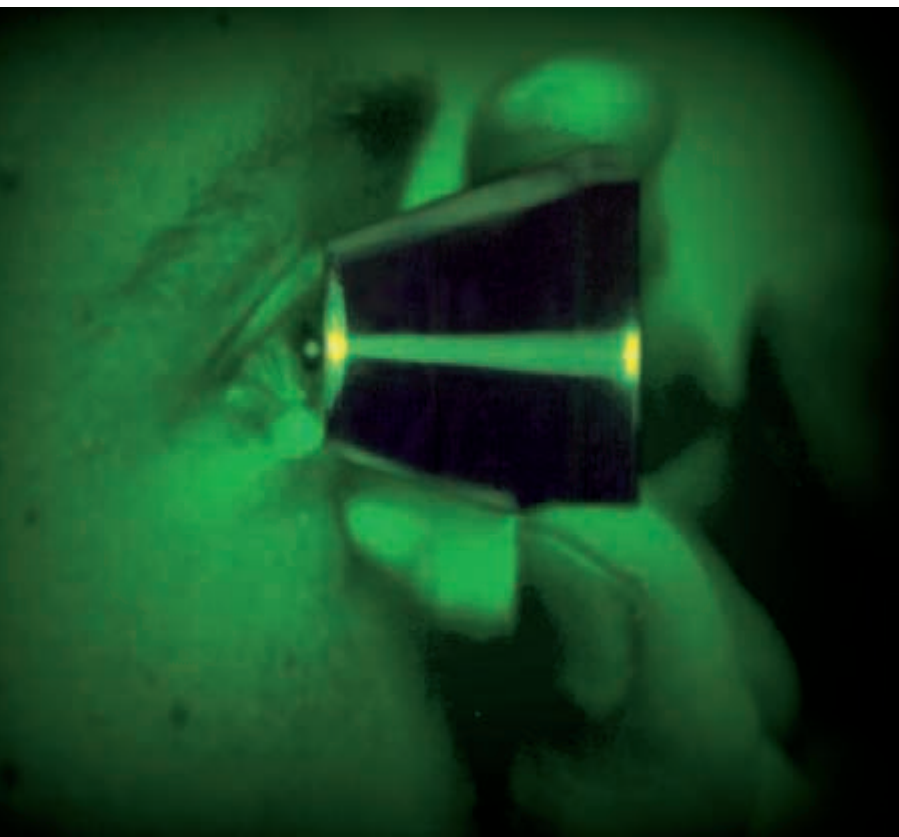
Dr. Klaus Koglin, Dr. Michael Niemeyer, Dipl.-Ing. Kirsten Oberschelp,  
Audi AG, Neckarsulm, Deutschland / Germany

**Laserlicht für leichtere Karosserien /  
Laser light for low weight car bodies**

## Weitere Nominierte | More Nominated

### **Für bessere Laser-Augenbehandlungen / Improving Laser Eye-Treatments**

Dr. Ralf Brinkmann, Dipl.-Phys. Jochen Kandulla,  
Dr. Georg Schüle (nicht im Bild / not on photo),  
University Lübeck, Deutschland / Germany



Eine berührungslose Messung der  
Temperatur des mit Laserlicht bestrahlten  
Gewebes im Auge erlaubt genauere  
Behandlungen häufiger Augenkrankheiten.

A non-contact measuring technique of the  
temperature in the eye during laser irradiation  
allows for more precise treatment of common  
eye diseases.



Es wäre eine neue Dimension für Tintenstrahldrucker: Eine „Laser-Patrone“ schneidet entlang der gedruckten Konturen einer unsichtbaren, aber Laserlicht absorbierenden Tinte.

It could be a new dimension for inkjet printers: A “laser cartridge” cuts along the printed contours of an invisible but laser light absorbing ink.



Dr. Olivier Acher,  
Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA) -  
Le Ripault, Monts, Frankreich / France  
**Schneiden mit dem Drucker /**  
**Cutting With Printers**

**Holografische Klebestreifen /**  
**Holographic Adhesive Tape**

Dr. Steffen Noehte, Dipl.-Phys. Matthias Gerspach,  
tesa scribos GmbH, Heidelberg, Deutschland /  
Germany



Ein ausgeklügeltes System für mehr Sicherheit vor Fälschern und Produktpiraten: Computergenerierte Holografien als Klebestreifen kodieren Klartext und digitale Daten.

An elaborate system for more security against counterfeiter and product pirates: Computer generated holographies as adhesive tape code clear text and digital data.



## Zukunftspreis

Mit einem Quanten-Internet aus einzelnen Photonen und Atomen erforscht Professor H. Jeffrey Kimble die Grundlagen für die Informationstechnik der Zukunft.



Prof. Dr. H. Jeffrey Kimble

Professor H. Jeffrey Kimble investigates the basic principles of the future information technology with a quantum internet of single photons and atoms.



# Neue Wechselwirkungen zwischen Licht und Materie |

von Prof. Dr. H. Jeffrey Kimble,  
California Institute of Technology, Pasadena, USA

Die Einführung des Lasers vor mehr als vierzig Jahren und das dadurch neu entstandene Gebiet der nichtlinearen Optik brachten einen bahnbrechenden wissenschaftlichen Fortschritt mit sich. Ein besonderes Merkmal dieser Arbeiten war die Fähigkeit, neue Arten von kohärenten Wechselwirkungen zwischen Materie und dem elektromagnetischen Feld zu erzeugen. Diese Entwicklungen sind zweifellos von tiefgreifender Bedeutung sowohl für die Wissenschaft als auch für die technische Grundlage der modernen Gesellschaft.

Im vergangenen Jahrzehnt revolutionierte die Schaffung neuer, nichtlinearer Wechselwirkungen zwischen einzelnen Atomen und Lichtquanten (Photonen) die Forschungswelt. Die Realisierung vollkommen neuer Fähigkeiten in der Quantenwelt katapultierten die Optik-Wissenschaft in ein bis dahin unerforschtes Gebiet grundlegender Untersuchungen zur Wechselwirkung zwischen Licht und Materie.

Meine Beiträge zu dieser Revolution wurden durch jahrzehntelanges Bestreben ermöglicht, starke Kopplung in einem fast esoterischen Umfeld zu erzielen, nämlich der Resonator-Quanten-Elektrodynamik. Ein wesentlicher Meilenstein meiner Arbeit war 1995 die Demonstration eines Quantenphasengatters für zwei Lichtstrahlen. Grob gesagt, schufen meine Kollegen und ich einen Quanten-Transistor mit einzelnen Photonen. Dieser verfügt über Eigenschaften, die ihn für die Quantenlogik und womöglich eines Tages für den Bau von Quantencomputern eignen.

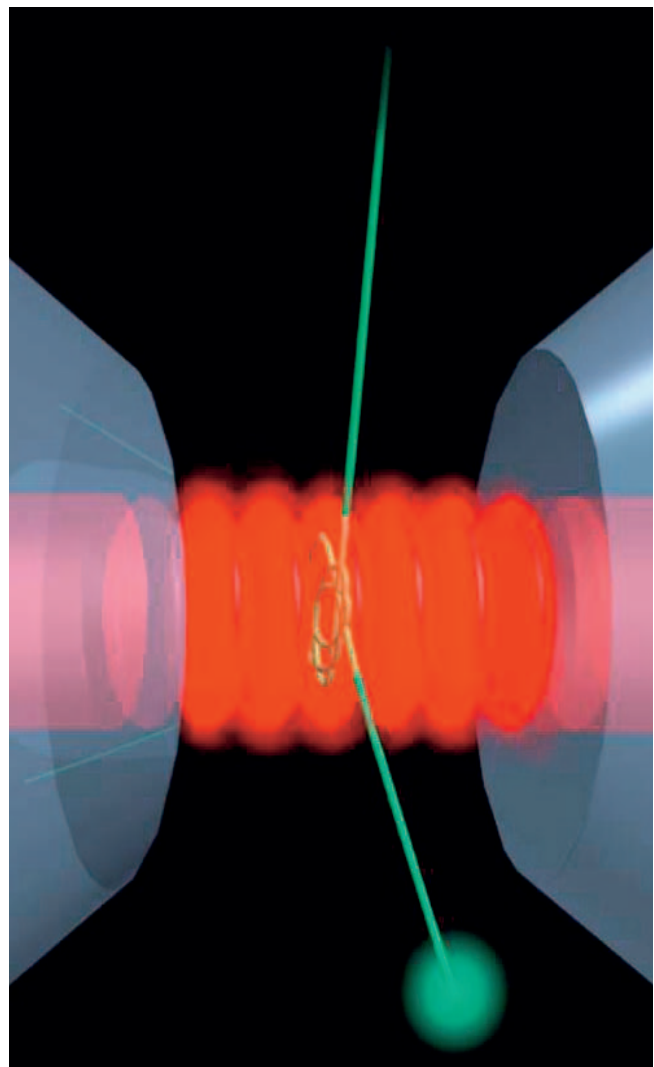
In jüngster Zeit befasste sich meine Forschungsgruppe im Caltech mit den mechanischen Konsequenzen starker Kopplung. Sie hat einzelne Atome beobachtet, die von Kräften in ihrer Umlaufbahn gehalten werden, ausgehend von einem einzelnen Photon im optischen Resonator. Unser System bietet eine neue Form der Mikroskopie zur Messung atomarer Bewegungen im freien Raum mit einer Empfindlichkeit nahe dem Standard-Quanten-Limit. Ein weiterer Fortschritt, der durch starke Kopplung ermöglicht wurde, war die erste Realisierung eines Lasers, der mit einem einzelnen Atom arbeitet und einen geregelten Strahl von Photonen aussendet.

Mit der Anwendung des gleichen Systems auf ein in einem optischen Resonator eingefangenes Atom gelang meiner Gruppe vor Kurzem die erste Beobachtung einer Photonen-Blockade. Die Arbeit war motiviert durch die enge Analogie zur Coulomb-Blockade für den Transport von Elektronen in kleinen Metall- und Halbleiterstrukturen. In unserem Experiment blockierte das Vorhandensein eines einzelnen Photons die Passage eines zweiten Photons durch das Atom-Resonator-System.

Diese Experimente stellen in der Tat grundlegende Untersuchungen der Wechselwirkung zwischen Licht und Materie dar. Eine meiner hauptsächlichen Motivationen ist jedoch seit jeher das Streben, diese Fähigkeiten als Werkzeuge für neue wissenschaftliche und technische Fortschritte zu nutzen. Ein Gebiet, dem mein besonderes Inter-

esse gilt, ist die Realisierung von komplexen Quanten-Netzwerken für die Quanteninformationsverarbeitung und Messtechnik, für die ich den Begriff „Quanten-Internet“ geprägt habe.

1998 gelang meiner Gruppe unseres Wissens nach die erste Realisierung einer echten Quanten-Teleportation durch Versenden eines Lichtstrahls von einer Seite eines Tisches zur anderen, ohne dass der Strahl sich physisch durch den dazwischenliegenden Raum bewegt hat. Diese Arbeit ist Teil einer größeren Anstrengung, die konzeptionellen und technischen Grundlagen für die letztendliche Realisierung von Quanten-Netzwerken zu schaffen.



Messung der Bahn eines einzelnen Atoms  
im Lichtfeld eines einzelnen Photons  
Measuring the path of a single atom in  
the light field of a single photon

A revolutionary advance in science came with the advent of the laser more than forty years ago, and from the field of nonlinear optics that was thereby spawned. A distinguishing feature of this work was the ability to realize new types of coherent interactions between material media and the electromagnetic field. These developments have of course been profoundly important both for science as well as for the technical base of modern society.

Over the past decade, another revolution has taken place with the creation of new nonlinear interactions between single atoms and light quanta (i.e., photons). A distinguishing feature of this work has been the realization of completely new capabilities in a manifestly quantum domain that has propelled optical science into a previously unexplored domain for fundamental investigations of the interaction of light and matter.

My contributions to this revolution have been enabled by a decades-long quest to achieve strong coupling within a rather esoteric setting, namely that of cavity quantum electrodynamics. A major milestone for my work was the demonstration in 1995 of a quantum phase gate for two beams of light. Roughly speaking, my colleagues and I achieved a quantum transistor with single photons, which had properties suitable for the implementation of quantum logic and perhaps ultimately for the construction of quantum computers.

More recently, my research group at Caltech has explored the mechanical consequences of strong coupling, and observed single atoms bound in orbit by the mechanical forces associated with single photons in an optical cavity. Our system provided a new form of microscopy for sensing atomic motion in free space with sensitivity near the standard quantum limit. Another advance enabled by strong coupling has been the first realization of a laser that operates with one solitary atom and that generates a regularized stream of photons as its output.

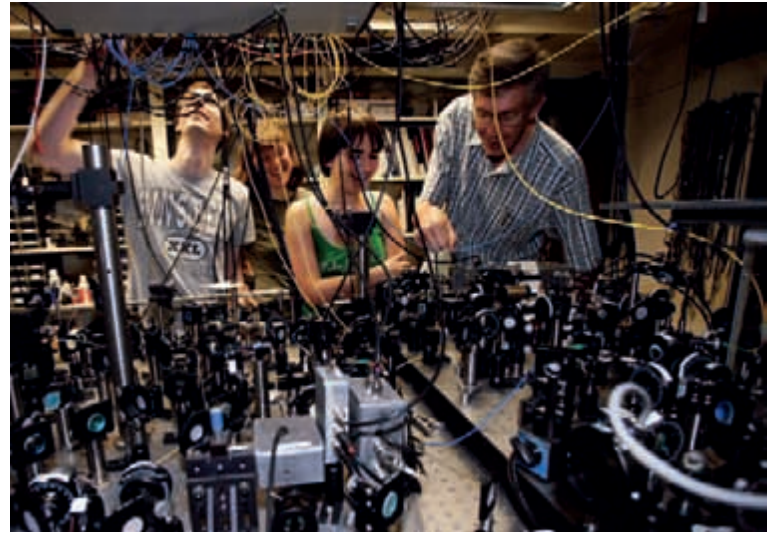
By employing the same system of one atom trapped in an optical cavity, my group recently made the first observation of photon blockade. This work was motivated by the close analogy with Coulomb blockade for electron transport in small metallic and semiconductor structures. In our experiment, the presence of only one photon blocked the passage of a second photon through the atom-cavity system.

On the one hand, these experiments are fundamental investigations of the nature of the interaction of light and matter. However, one of my principal motivations has been a long-standing quest to harness these capabilities as tools for new scientific and technical advances. One area in which I have been particularly interested is the realization of complex quantum networks for quantum information processing and metrology, for which I coined the name "quantum internet". Indeed, in 1998 my group achieved the first bona fide realization of quantum teleportation by sending a beam of light from one side of a table to another without the beam having physically propagated through the intervening space. This work is part of a larger effort to lay the conceptual and technical foundations for the eventual implementation of quantum networks.

## New Interactions of Light

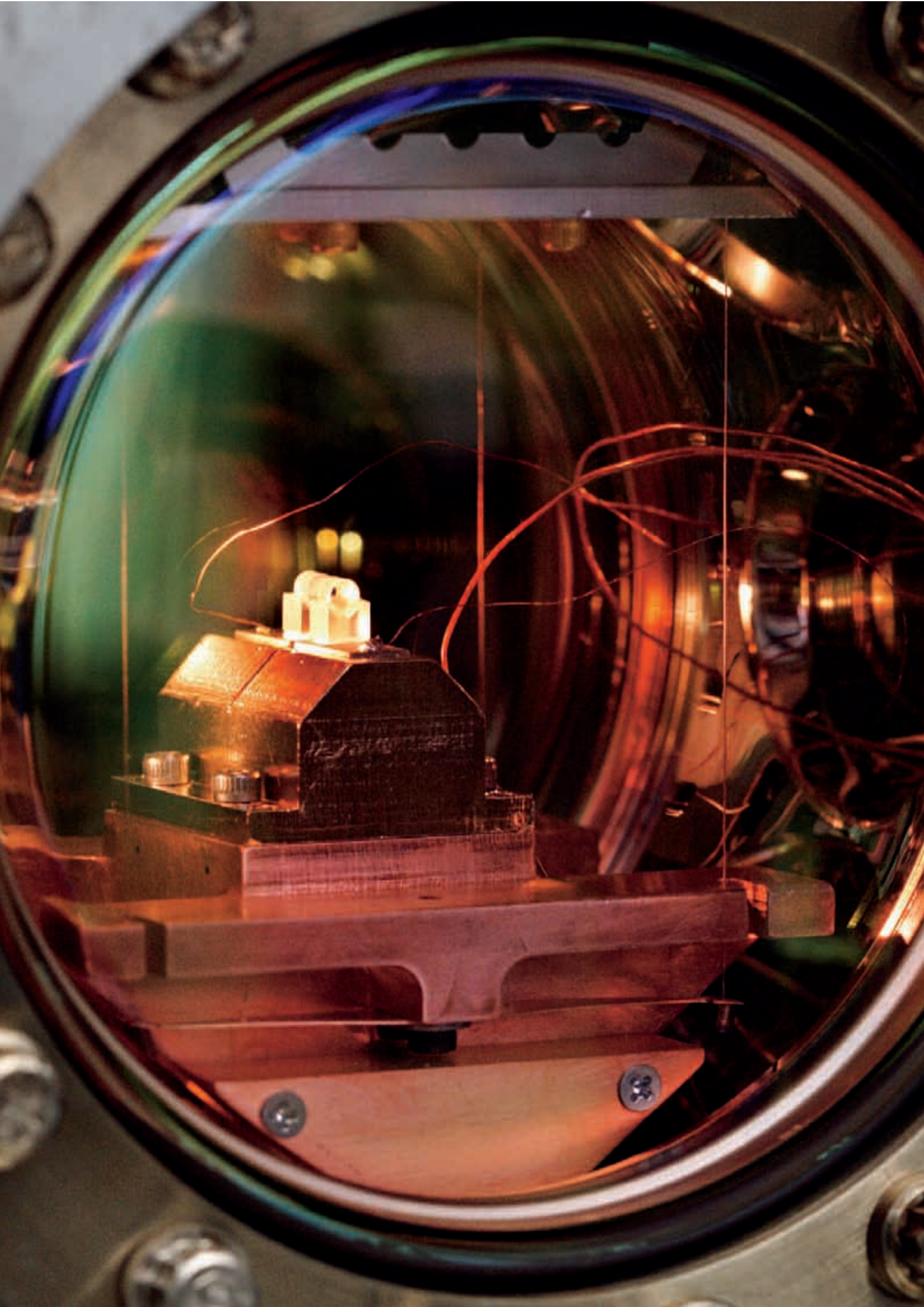
and Matter | by Prof. H. Jeffrey Kimble,  
California Institute of Technology,  
Pasadena, USA

22



Die Mikrokavität in der Vakuumkammer. Der wenige Mikrometer messende Spalt zwischen den Spiegeln ist mit dem bloßen Auge nicht zu sehen.

The micro cavity in a vacuum chamber. Only micrometers separate the invisibly small gap between the mirrors.



2004

24

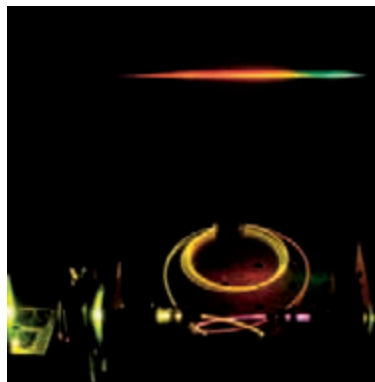
Seit dem Jahr 2000 erhalten drei Innovationen herausragender Entwickler oder Wissenschaftler den Berthold Leibinger Innovationspreis. Das Thema erweiterte sich von Laseranwendungen in der Produktionstechnik im Jahr 2002 um Laser in der Medizin und Biotechnologie. Seit 2006 umfasst der Preis allgemein die Anwendung und Erzeugung von Laserlicht.

Since the year 2000 three outstanding innovations by developers or scientists have received the Berthold Leibinger Innovationspreis. The topic expanded in 2002 from lasers in production technology to include lasers in medicine and biotechnology as well. Since 2006 the prize includes application and generation of laser light in general.



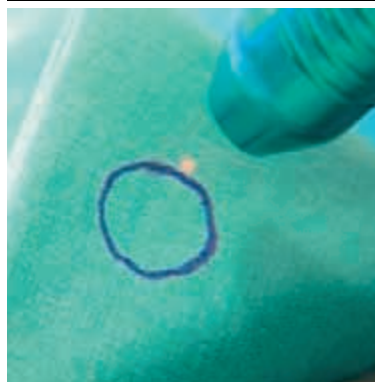
**1. Preis / 1. Prize**

Professor Dr. Ursula Keller  
**SESAM – Semiconductor Saturable Absorber Mirror für Ultrakurzpuls-Laser**  
SESAM – Semiconductor Saturable Absorber Mirror for Ultrafast Lasers



**2. Preis / 2. Prize**

Professor Dr. Andreas Tünnermann, Dr. Stefan Nolte und Dr. Holger Zellmer  
**Hochleistungs-Faserlaser und deren Anwendungen**  
High-Power-Fiber Lasers and their Applications

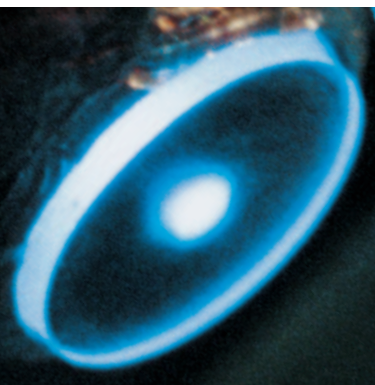


**3. Preis / 3. Prize**

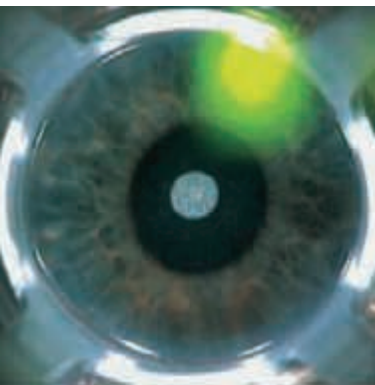
Prof. Dr. Axel Rolle  
**Lungenparenchym-Laserchirurgie**  
Lung Parenchymal Laser Surgery

2002

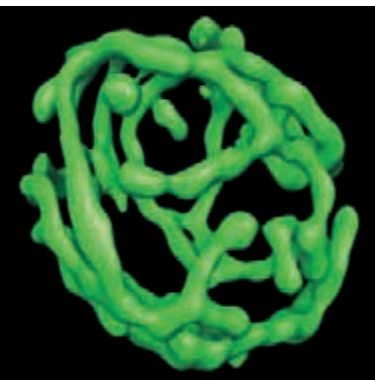
2000



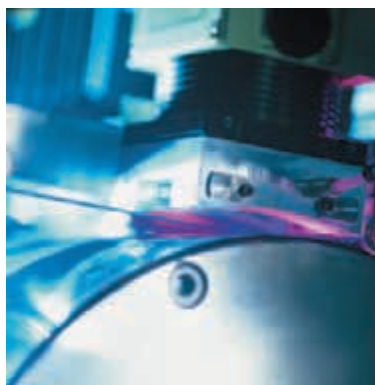
**1. Preis / 1. Prize**  
Arbeitsgruppe Scheibenlaser /  
Work Group Disk Laser  
Prof. Dr. Helmut Hügel,  
Dr. Adolf Giesen et al.  
**Scheibenlaser**  
Disk Laser



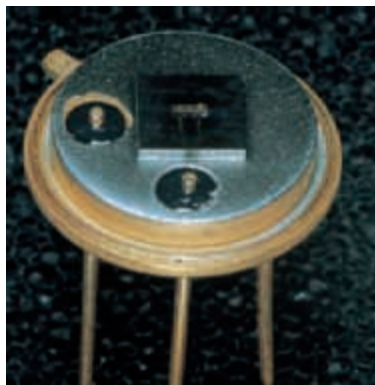
**2. Preis / 2. Prize**  
Dr. Tibor Juhasz,  
Dr. Ronald Kurtz  
**Femtosekunden-Laserskalpell  
für Kornea-Operationen**  
Femtosecond Laser Scalpel  
for Corneal Surgery



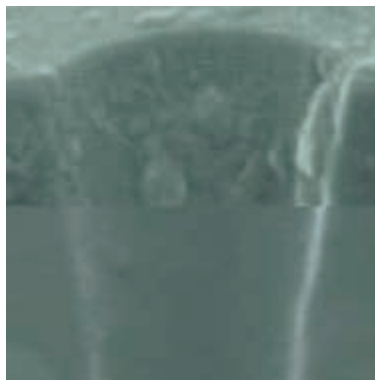
**3. Preis / 3. Prize**  
Prof. Dr. Stefan Hell,  
Marcus Dyba,  
Dr. Alexander Egner  
**Optische Nanoskopie mit  
Ultrakurzpulslaser und  
stimulierter Emission**  
Optical Nanoscopy with  
Ultra-Short-Pulse Laser and  
Stimulated Emission



**1. Preis / 1. Prize**  
Dr. Josef Schneider  
**Laser und digital umrüst-  
bare Drucksysteme**  
Laser and Digitally  
Changed Printing Systems



**2. Preis / 2. Prize**  
Dr. Martin Grabherr  
**Oberflächenemittierende  
Hochleistungsdiodenlaser  
mit Vertikalresonator**  
Vertical Cavity Surface  
Emitting High-Power  
Laser Diode



**3. Preis / 3. Prize**  
Prof. Dr. Yong Feng Lu  
**Lasermikrobearbeitung  
in der Industrie**  
Laser Microprocessing  
in Industry

# Berthold Leibinger Stiftung | The Foundation

**Wer wir sind** — Die Berthold Leibinger Stiftung ist eine gemeinnützige Stiftung, die sich ausschließlich kultureller, wissenschaftlicher, kirchlicher – und in bescheidenem Umfang – sozialer Belange annimmt. Professor Dr.-Ing. E.h. Berthold Leibinger gründete die Stiftung 1992.

**Was wir fördern** — Die Förderung klassischer und zeitgenössischer Literatur sowie die Erhaltung des Liedguts und Chorgesangs bilden den Schwerpunkt unseres Tuns. Seit Gründung der Stiftung unterstützen wir beispielsweise das Deutsche Literaturarchiv und das Schiller-Nationalmuseum in Marbach. Das dort 2006 eingeweihte Literaturmuseum der Moderne – kurz LiMo – ist weltweit einzigartig. Zur Realisierung der Inneneinrichtung haben wir beigetragen.

**Who we are** — The Berthold Leibinger Stiftung is a non-profit foundation dedicated exclusively to cultural, scientific, church related and – to a modest extent – social issues. Professor Dr.-Ing. E.h. Berthold Leibinger established the foundation in 1992.

**What we promote** — The emphasis of our activities is promoting classical and contemporary literature and preserving classical and choral song. Since the foundation was created, we have supported the German Literature Archive and the Schiller-National-Museum in Marbach, Germany. The Museum of Modern Literature (LiMo), which was established there in 2006, is one of a kind. We contributed to the interior fittings.



Neue Heimat für deutsche Literatur des 20. und 21. Jahrhunderts: das LiMo in Marbach

New home for literature of the 20th and 21st century: the LiMo in Marbach, Germany

Mit dem Innovationspreis und dem Zukunftspreis für Lasertechnik widmet die Stiftung der Wissenschaft und Forschung besondere Aufmerksamkeit. Ohne ständige Innovationen ist eine Weiterentwicklung von Gesellschaft und Wirtschaft nicht möglich. Diese wollen wir fördern.

Religion bietet den Wertekanon, der das Zusammenleben der Menschen gestaltet. Die Stiftung hilft daher, Kirchen und kirchliche Gemeindehäuser zu erhalten.

**Wie wir arbeiten** — Die Stiftung finanziert ausschließlich Projekte und Institutionen, die den in der Satzung verankerten Stiftungszwecken entsprechen.

With the innovation prize and the future prize for laser technology, the foundation devotes special attention to science and research. Without continual innovation it would be impossible for society to develop. We want to promote this.

Religion gives values which determine how people live together. The foundation assists in preserving churches and parish houses.

**How we work** — The foundation finances only those projects and institutions that are consistent with the aims of the foundation as codified in its charter.



**Berthold Leibinger Stiftung GmbH**  
Johann-Maus-Straße 2  
71254 Ditzingen  
Germany  
[www.leibinger-stiftung.de](http://www.leibinger-stiftung.de)

## Impressum

Herausgeber / Publisher: Berthold Leibinger Stiftung GmbH, Ditzingen

Text: Hanno Charisius, Sven Ederer, Wolfgang Kempkens, H. Jeffrey Kimble,  
Nicole Mann, Roland Wengenmayr

Gestaltung / Design: Atelier U. Lohrer, Stuttgart

Fotos: Dr. Oliver Acher, Audi AG, Deutsches Literaturarchiv Marbach, Fraunhofer Institut für Angewandte Optik,  
Institut für Biomedizinische Optik/Universität zu Lübeck,  
Institut für Strahlwerkzeuge/Universität Stuttgart, IntraLase Corp., Prof. Dr. H. Jeffrey Kimble,  
Prof. Dr. Yong Feng Lu, Fotostudio Udo Loster, MAN Roland Druckmaschinen AG,  
Max-Planck-Institut für Biophysikalische Chemie, Menlo Systems GmbH, P.A.L.M Microlaser Technologies GmbH,  
tesa scribos GmbH, Time-Bandwith Products AG, U-L-M Photonics GmbH, Prof. Dr. Ian A. Walmsley

Reproduktionen / Reproductions: Reprotechnik Herzog GmbH, Stuttgart  
Druck / Printing: frechdruck GmbH, Stuttgart



BERTHOLD LEIBINGER  
STIFTUNG