

# Happy Birthday Dear Laser

Geburtstagsreden zum Fünzigsten können leicht peinlich geraten. Der witzig gemeinte Toast auf die nächsten 50 Jahre dürfte genauso deplatziert sein wie ein verfrühter Lebensrückblick. Wir versuchen es trotzdem:

*„Unter den geistigen Vätern des Jubilars befinden sich Nobelpreisträger wie Einstein (1921) und Townes (1964), doch seinem leiblichen Vater Theodore Maiman blieb diese Ehrung versagt. Als amerikanisches Kind des Kalten Krieges sollte der Laser „Todesstrahlen“ aussenden, doch Dank seiner zahllosen Anwendungen in der Medizin wurde er eher zu einem Strahl des Lebens. In nur 50 Jahren hat er Diagnostik, Therapie und medizinische Forschung revolutioniert – und ein Ende der segensreichen Entwicklung ist noch nicht abzusehen. Dann also: Auf die nächsten 50 Jahre!“*

## 50 Jahre Lasertechnologie

# Ein Jubilar – strahlend wie eh und je

**Am 16. Mai 1960 gelang es Forschern aus Kalifornien erstmals, einen Laserstrahl zu erzeugen und an eine Laborwand zu werfen. Mit dem Experiment begann der unglaubliche Siegeszug des gebündelten Lichts. Mittlerweile ist der Laser fester Bestandteil des Alltags geworden.**

Es gibt wohl kaum eine Entwicklung, die so reich an Meilensteinen und Durchbrüchen, aber auch an Anekdoten und Forscherfrust ist, wie die fünfzigjährige Geschichte des Lasers. Bereits die Geburt dieser weltverändernden Technologie war das Ergebnis eines harten wissenschaftlichen Wettstreits: In Zeiten des Kalten Krieges investierte das amerikanische Verteidigungsministerium Unsummen in Technologien, die sich militärisch nutzen ließen. Neben Großunternehmen wie IBM, Siemens oder Bell Telephone Laboratories begaben sich so auch kleinere Forschungseinrichtungen, die durch militärische Forschungsprogramme finanziell üppig ausgestattet waren, auf die Suche nach dem „Todesstrahl“.

Das Rennen machte schließlich der Physiker Theodore H. Maiman von den Hughes Research Laboratories im kalifornischen Malibu. Maiman entwickelte einen funktionstüchtigen Festkörperlaser auf der Basis eines Rubinkristalls und zündete damit am 16. Mai 1960 den ersten Laserblitz. Noch im selben Jahr stellte der iranische Physiker Ali Javan von den Bell Laboratories einen Gaslaser auf Helium-Neon-Basis vor, 1962 brachte Robert Hall von General Electric den ersten Galliumarsenid-Halbleiterlaser heraus.

Bereits wenige Jahre später arbeiteten allein in den USA mehrere hundert Unternehmen an der Weiterentwicklung dieser drei Grundrichtungen, doch wegen technischer Schwierigkeiten und mangelnder

praktischer Anwendungsmöglichkeiten geriet der Aufstieg des gebündelten Lichtstrahls ins Stocken. Erst in den siebziger Jahren setzte sich die Technologie durch, allen voran der Gaslaser als Grundlage für Barcodelesegeräte, Laserdrucker und unterschiedlichste Messgeräte in Industrie und Forschung. Heute sind langlebige, sparsame Halbleiterlaser im Vormarsch. Sie kommen vor allem in den umsatzstarken Marktsegmenten der Glasfaser-Datennetze, CD-, DVD- und Blu-Ray-Laufwerke zum Einsatz.

### Gebündelte Kraft

Moderne Technik wäre heute ohne Laser nicht mehr vorstellbar. In der Industrie schneiden, bohren und schweißen energiereiche Neodym- und Kohlendioxid-Laser Materialien wie Kunststoff und Metall, in der Forschung beobachten ultraschnelle Femtosekunden-Laser chemische Reaktionen auf Molekülebene oder zünden Kernfusionen. Nicht wenige von uns haben als Autofahrer erfahren, dass sich Laser auch für die optische Abstandsmessung mit Laserpistolen eignen; ihr Schuss schmerzt allerdings erst, wenn der Bußgeldbescheid der Verkehrspolizei ankommt.

Was ist das Besondere an dieser Technologie? Während das Licht der Sonne oder einer Glühbirne aus vielen Farben besteht und in alle Raumrichtungen abgegeben wird, strahlt der Laser mit buchstäblich gebündelter Kraft in einer einzigen Wellenlänge und gleicher Taktfrequenz. Diese

Eigenschaft, auch als Kohärenz bezeichnet, ist entscheidend für viele technische Anwendungen, bei denen exakte Fokussierung der Energie auf engstem Raum gefordert ist, z. B. bei der Datenspeicherung oder der Erkennung feinsten Strukturen.

Der Laser erlaubt es zudem, Licht mit extrem hoher oder niedriger Leistungsdichte dosiert auch über große Entfernungen auf einen Punkt zu fokussieren. Während es Maimans Apparatur nur auf wenige Watt brachte, reicht die Lichtleistung heutiger Laser von einigen Mikrowatt bis in den Terawattbereich. Ein Laserpointer bei-



Theodore Maimans Versuchsanordnung bestand aus einem Rubinkristall und einem spiralförmigen Xenon-Blitzlicht. Das zwischen zwei Spiegeln hin- und herrasende Licht pumpte Energie in den Kristall und löste für den Bruchteil einer Sekunde einen hellen Blitz aus. Das war die Geburt des Lasers.

Quelle: [www.wired.com](http://www.wired.com)

spielsweise schafft ein bis fünf Milliwatt, ein gepulster Femto- oder Attosekunden-Laser dagegen einige Terawatt.

In der Medizin macht man sich die hohe Energiedichte auf vielfältige Weise zu Nutze, zum Beispiel bei Laseroperationen am Auge, dem Ausschneiden von Krebszellen unter dem Mikroskop (Lasermikrodissektion) oder dem Auslesen von winzigen Gensonden auf Biochips. Nicht zuletzt bringt der gebündelte Laserstrahl bei medizinischen Vorträgen manche hochkomplizierte *Powerpoint*-Präsentation „auf den Punkt“.

So vielfältig die Anwendungen auch sein mögen, das physikalische Grundprinzip ist bei allen Lasersystemen identisch und seit fünfzig Jahren praktisch unverändert geblieben. Es basiert auf Überlegungen von Albert Einstein aus dem Jahr 1916 über die Wechselwirkungen zwischen Licht und Materie. In seinem Aufsatz *Zur Quantentheorie der Strahlung* postulierte er, dass Licht von Materie nicht nur verschluckt

(absorbiert), sondern auch ausgesandt werden kann (stimulierte Emission). Angeregte Atome oder Moleküle sollten ferner in der Lage sein, ihre Energie im Sinne einer Verstärkung auch auf andere Teilchen zu übertragen. Diese Theorie gab dem Laser seinen Namen (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*).

### Ein Geistesblitz

Die materielle Grundlage des Lasers ist ein festes, flüssiges oder gasförmiges Medium, dessen Elektronen z. B. durch eine externe Lichtquelle angeregt und so vom Grundzustand auf ein höheres Energieniveau gehoben werden können. Beim Zurückfallen auf das Ausgangsniveau senden sie ihrerseits Licht (Photonen) aus. Zeitpunkt und Richtung dieser spontanen Emission sind zunächst zufällig.

Maiman verwendete als externe Lichtquelle eine Xenon-Blitzlampe, die so intensiv war, dass sich nach dem Blitz mehr Photonen im angeregten als im Grundzustand befanden. Beim Zurückfallen wurden dadurch zahlreiche andere Atome angeregt und lösten nun eine stimulierte Emission von Licht mit einheitlicher Frequenz, Phase, Polarisation und Richtung aus. Durch zwei Spiegel – und darin bestand wohl Maimans Geistesblitz – wurde der Strahl nun hin und her reflektiert und bei jedem Durchgang stärker. Beim Überschreiten einer bestimmten Energieschwelle trat er durch eine Öffnung des teildurchlässigen Gehäuses aus und war an der Laborwand als Lichtpunkt erkennbar – ein scheinbar unspektakuläres optisches Phänomen, das jedoch in den folgenden Jahrzehnten die Welt veränderte.

In der Akustik kennen wir ein ähnliches Phänomen als Rückkopplung zwischen Mikrofon und Lautsprecher: Die Stimme des Redners auf dem Podium wird verstärkt und erzeugt ein scharfes Pfeifen, das immer dieselbe Tonhöhe (Frequenz) hat.

### Galaktische Visionen

Vor allem in Science Fiction Filmen der 1970er-Jahre spielte der Laser eine große Rolle als Wunderwaffe. Unvergesslich bleibt das berühmte Laserschwert, mit dem Regisseur George Lukas Helden und Bösewichte in den *Star Wars* gegeneinander antreten ließ.

Wie so oft im wahren Leben, ist jedoch auch hier die Realität meilenweit entfernt von der Fiktion. Ein einmal ausgesandter Laserstrahl kann nicht nach einem Meter gestoppt werden. Auch lassen sich Laser-

### Welle oder Teilchen?

Wir haben es in der Schule gelernt und tun uns doch mit der Vorstellung oft schwer: Licht hat sowohl die Eigenschaften von Wellen als auch von Teilchen. Es ist alles nur eine Frage der Perspektive: Für Physiologen besitzt es eine Farbe (Wellenlänge), für Quantenphysiker ist es Materie (Photonen). Besäße Licht diese Doppelnatur nicht, so wären die Grundlagen des Lasers, insbesondere die stimulierte Emission, nicht erklärbar.

Einstein erhielt seinen Nobelpreis übrigens keineswegs für die Formel  $E = m \cdot c^2$  oder die Relativitätstheorie, sondern für die Deutung des photoelektrischen Effekts als Energieaustausch zwischen Photonen und Elektronen.

klingen nicht kreuzen. Da *Star Wars* jedoch „vor langer, langer Zeit“ in einer Galaxie spielte, die tausende von Lichtjahren entfernt war, könnte der Laserstrahl dort viel älter und reifer sein als bei uns auf der Erde, und Taten erlauben, für die uns jegliche physikalische Grundlage fehlt. Schließlich ist er hier erst fünfzig geworden; dafür hat er unsere Welt ganz schön verändert. ✿



Basov Prokhorov Townes

### Vor dem Laser kam der Maser

Der Laser hat viele Väter. 1928 gelang dem Deutschen R. Ladenburg der Nachweis der von Einstein postulierten stimulierten Emission. 1951 entwickelten die Russen N. Basov und M. Prokhorov sowie der Amerikaner C. Townes die theoretischen Grundlagen für einen stabilen, zunächst noch unsichtbaren „Maser“-Strahl im Mikrowellenbereich; 1954 stellte Townes den ersten Ammoniak-Maser vor. Alle drei erhielten 1964 den Nobelpreis für Physik. Ein weiterer Physiknobelpreis ging 1981 an die Amerikaner N. Bloembergen und A. Shawlow; sie hatten u.a. einen Rubin-Maser entwickelt, der 1960 auch als Grundlage für Maimans Laserkristall diente.



Dr. Olaf Spörkel  
Mitglied der Redaktion