

**Zeitschrift:** Tec21  
**Herausgeber:** Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein  
**Band:** 128 (2002)  
**Heft:** 7: Glamouröses Licht

**Artikel:** Vom Lasertunnel ins Strahlengewitter: Funktionsweise und Anwendungsbereiche von Showlaser-Systemen in der Event-Branche  
**Autor:** Zimmermann, Marco  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-80372>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 16.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**



1

Beispiel eines typischen Lasertunnels

# Vom Lasertunnel ins Strahlengewitter

Funktionsweise und Anwendungsbereiche von Showlaser-Systemen in der Event-Branche

**Laser steht für «Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation» und bedeutet Lichtverstärkung durch stimulierte Aussendung von Strahlung. Als eine der bedeutendsten Erfindungen der letzten Jahrzehnte findet die Lasertechnologie Einsatz in Wissenschaft, Technik und Industrie. Auch in der Medizin ist der Laser inzwischen unverzichtbar geworden. Unterschätzt wird jedoch häufig, wie ausgereift die Lasertechnologie in der Event-Branche ist.**

Die Projektion von Bildern und Animationen spielt in der heutigen Multimediagesellschaft eine entscheidende Rolle. Die dynamische Entwicklung der Informationstechnologien erlaubt es, komplexes Bild- und Tonmaterial zu bearbeiten oder zu generieren. Aber die beste Rechenleistung der Prozessoren, die höchsten Speicherkapazitäten der Festplatten oder die intelligenteste Software wären wirkungslos, wenn die Informationen nicht zumindest an einem Bildschirm sichtbar wären. Und wer regelmässig mehr als zwei Interessierten eine Arbeit präsentieren möchte, wird sich bald einmal nach anderen Möglichkeiten umsehen. Für die

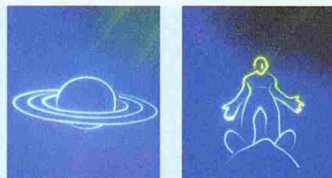
Darstellung multimedialer Inhalte kommen aber nicht nur Grossbildschirme und Beamer in Frage, sondern neu auch die Lasertechnologie.

Bereits heute zeigen eine Reihe von Anwendungen, was in der Lasertechnologie steckt: Aufwändige Shows in 2D und 3D für Produktepräsentationen, High Lights an Generalversammlungen und Firmenfesten sowie in Musicals und Theatern; auch Grafikanimationen zu Werbezwecken als Eycatcher sowohl an ebenen wie unebenen Flächen, an Fassaden und in der freien Natur. Eine Showlaser-Anlage bietet auch den Vorteil, dass sie ganze Flächen im Raum generieren kann. Wie eine Showlaser-Anlage funktioniert und wie es um den Stand der Lasertechnologie und deren Entwicklung steht, möchte ich hier kurz aufzeichnen.

## Funktionsweise einer Showlaser-Anlage

Der Ursprung jeder sichtbaren Projektion ist Licht, im Falle der Laserprojektion ist es Laserlicht. Verwendet werden hauptsächlich drei Laserarten: die Argon-Laser, die Argon-Krypton-Mixgaslaser und die so genannten Yttrium-Aluminium-Garnet-Laser (YAG-Laser). *Argon-Laser* emittieren nur im grün-blauen Bereich und sind deshalb sehr gut sichtbar. Vielfältiger einsetzbar ist der unter dem Namen Weisslichtlaser bekannte *Argon-Krypton-Laser*. Das Gasgemisch emittiert in mehreren Wellenlängen und erzeugt dadurch ein nahezu weisses Laserlicht. Weisslicht-Laser werden

2 + 3  
Beispiel von Grafikprojektio-  
nen mit einem YAG-Laser



#### Geschichte des Lasers

Die grundlegenden Arbeiten über Absorption und Emission von Licht, die für die Entwicklung des Lasers (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) und des Masers (Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation) den Ausschlag gegeben hatten, hat Albert Einstein 1917 veröffentlicht. Einstein wies auf den Unterschied zwischen spontaner und stimulierter Emission hin. Die ersten praktischen Realisierungen gelangten den Physikern Townes, Gordon und Zeiger im Jahre 1954 in den USA. Sie bauten den Ammoniak-Maser-Oszillator. 1957 konnten der Amerikaner Bloembergen und die beiden Russen Prokhorov und Basov gleichzeitig die experimentelle Verwirklichung des ersten Maser-Verstärkers im Millimeterwellengebiet nachweisen. Ebenfalls im Jahre 1957 beobachtete der Fabrikant Butayeva (UdSSR) Lichtverstärkung in einer Quecksilberdampfentladung.

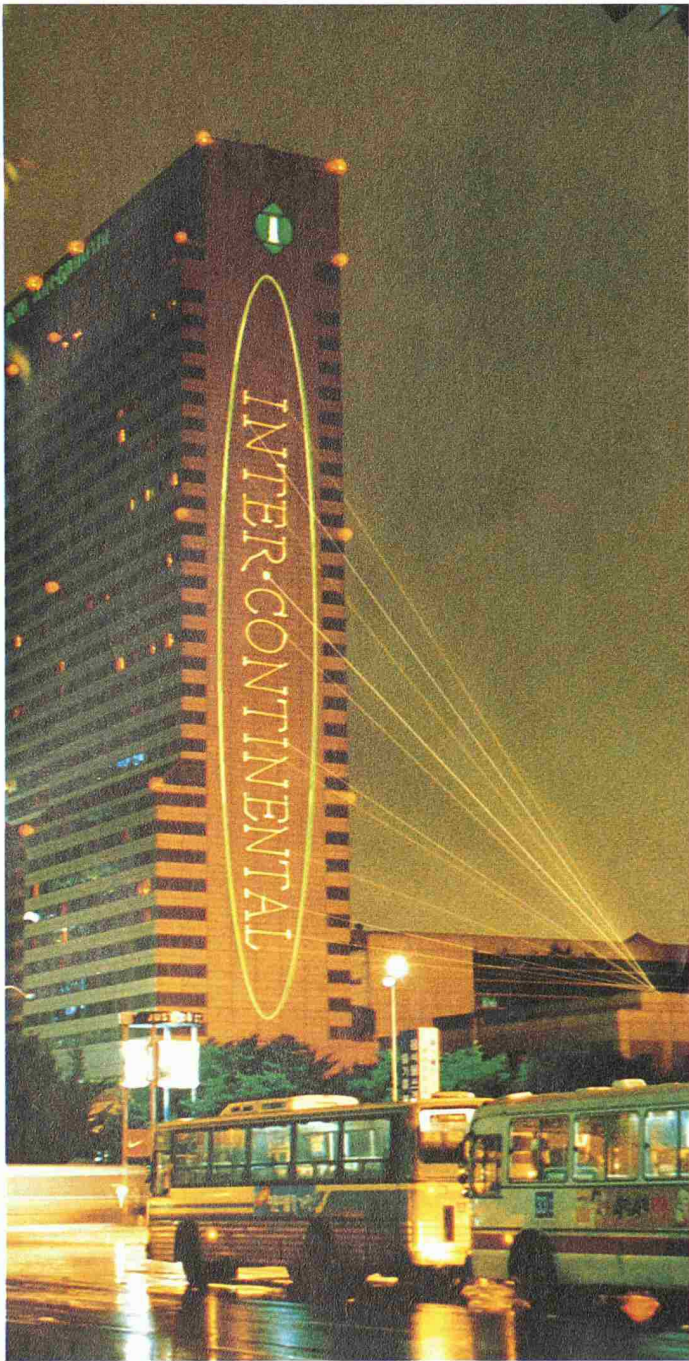
Der Durchbruch des quantenelektronischen Verstärkungsprinzips auf optische Frequenzen (Laser) erfolgte 1958 durch Townes und Schawlow. Sie zeigten die Möglichkeit der Erzeugung von kohärentem (zusammenhängendem) Licht durch stimulierte Emission in einem optischen Resonator. Am 16. Mai 1960 war es dann Theodore Harold Maiman (USA), der als Erster mit einem Rubinkristall einen Laseroszillator bei einer Wellenlänge von 693 nm (tiefes Rot) verwirklichen konnte. Im gleichen Jahr noch gelang den Amerikanern Javan und Bennett der Bau des ersten Gaslasers.

deshalb für alle mehrfarbigen Lasershows verwendet. Der Wirkungsgrad dieser Gaslaser ist mehr als 30-mal geringer als derjenige der neueren *YAG-Laser*, wo eine Laser-Diode einen Festkörper anregt (Diode Pumped Solid State, DPSS). Weil YAG nur im unsichtbaren Bereich (1064 nm, infrarot) emittieren, wird die Frequenz zusätzlich über einen Verdoppler-Kristall (KTP-Kristall) dupliziert. Dadurch entsteht ein giftig-grüner Laserstrahl bei einer Wellenlänge von 532 nm. Da dieser Wert fast am Maximum des menschlichen Sehempfindens liegt, ist er noch besser sichtbar als der Argon-Laser.

Wie interessant sich der Laser für den Showbereich nutzen lässt, hängt direkt von den Möglichkeiten der *Modulation* ab. Der Strahl kann in der Helligkeit, bei Weisslicht-Lasern auch in den Farben, beeinflusst werden. Dies wird heutzutage fast ausschliesslich mit so genannten PCAOM-Kristallen («Poly Chromatic Acousto Optic Modulator»-Kristall, PCAOM) gemacht. Dieser erlaubt es, die Intensität von in der Regel bis sechs Wellenlängen (Rot, Grün, Blau cyan, Dunkelblau, Gelb) zu modulieren und damit beliebig viele Farben mit unterschiedlichen Helligkeiten zu erzeugen. Nicht modulierte Wellenlängen werden durch den Kristall abgelenkt und gehen dabei verloren. Da die verlorenen Wellen nur schwach sind, liegt der Wirkungsgrad eines 6-Kanal-Kristalls bei über 75 Prozent.

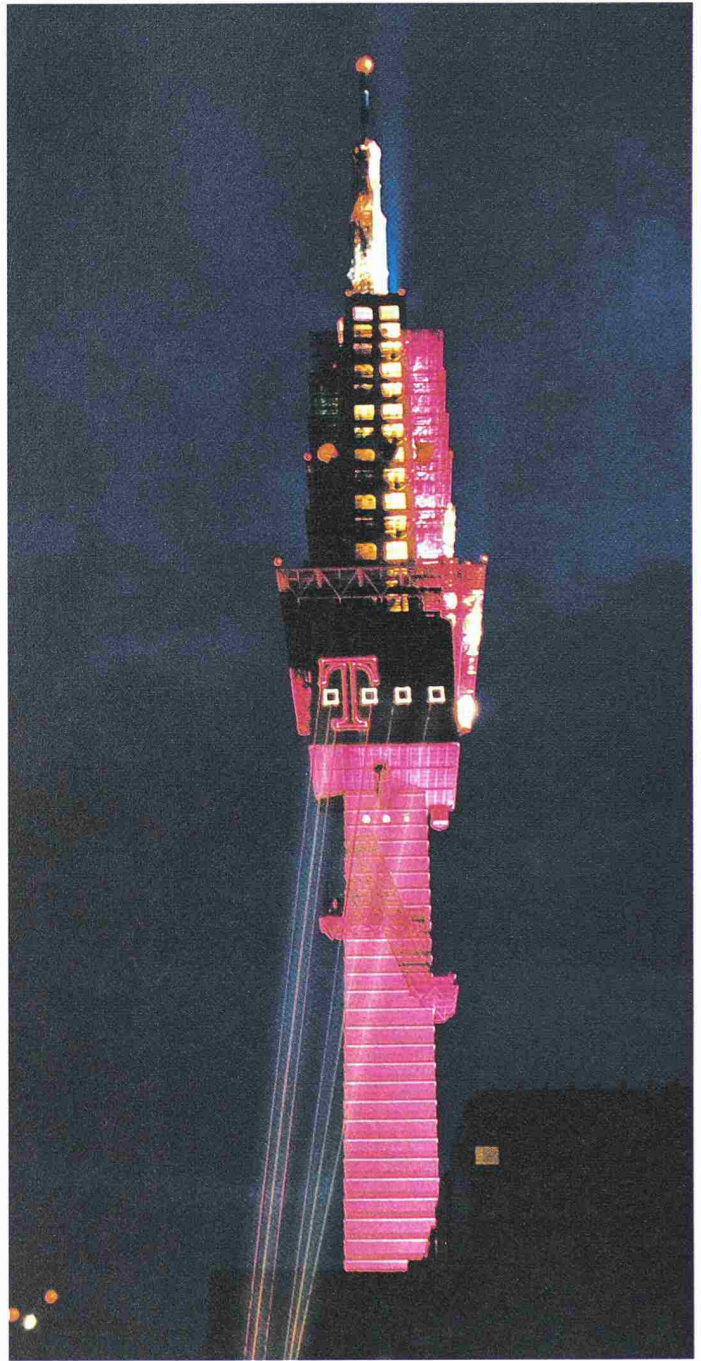
Über ein Glasfaser-System wird dann der modulierte Strahl zum Projektor geleitet. Dieses besteht aus Einkopplung, Glasfaser und Auskopplung. Die *Einkopplung* fokussiert und justiert den Strahl auf die *Glasfaser*. Die Glasfaser leitet den Strahl dank Totalreflexion nahezu verlustlos zur *Auskopplung*, wo er aus der Faser wieder austritt. Mit solchen Systemen lässt sich der Laserstrahl effizient über eine Distanz von über 100 Metern zum Projektor befördern. Der Laserprojektor lenkt nun den Strahl mit Hilfe von zwei kleinen Spiegeln ab, die je durch einen Galvanometer – eine Art «oszillierender Elektromotor» – bewegt werden können. Der Bereich, in dem der Laserstrahl nun «ablenkbar» wird, bewegt sich zwischen etwa 40 und 80 Grad. In diesem Bereich kann der Strahl nun so schnell bewegt werden, dass das (träge) menschliche Auge ein stehendes Bild wahrnimmt. Ein bekanntes Beispiel ist der legendäre Lasertunnel: Die beiden Spiegel des Laserprojektors lenken den Strahl so schnell in Kreisform ab, dass der Betrachter das Innere eines Kegels wahrnimmt. Nach demselben Prinzip funktionieren auch ganze Strahlengewitter, beliebige Grafiken und alle anderen Anwendungen. Die Abbildung von zwei horizontal übereinander liegenden Laser-Ebenen funktioniert analog: Der Projektor lenkt den Strahl als Viereck ab, wobei der Kristall die beiden horizontalen Seiten jeweils ausblendet. Soll nun die obere Ebene rot sein und die untere blau, wechselt der Kristall die Farben, sobald sich der Strahl an der richtigen Stelle befindet.

Um solch komplexe Systeme überhaupt steuern und Lasershows programmieren zu können, bedarf es eines Lasercontrollers. Beim Lasercontroller handelt es sich um ein computergesteuertes System aus einer komplexen Software und der entsprechend leistungsfähigen Hardware. Die Hardware eines professionellen Laser-



4

Laserprojektion von 30 m × 140 m auf die Fassade des Hotel «Intercontinental» in Seoul



5

400 m<sup>2</sup> grosse Laserprojektion in einer Höhe von 180 m auf den Fernsehturm der Telekom in Hannover



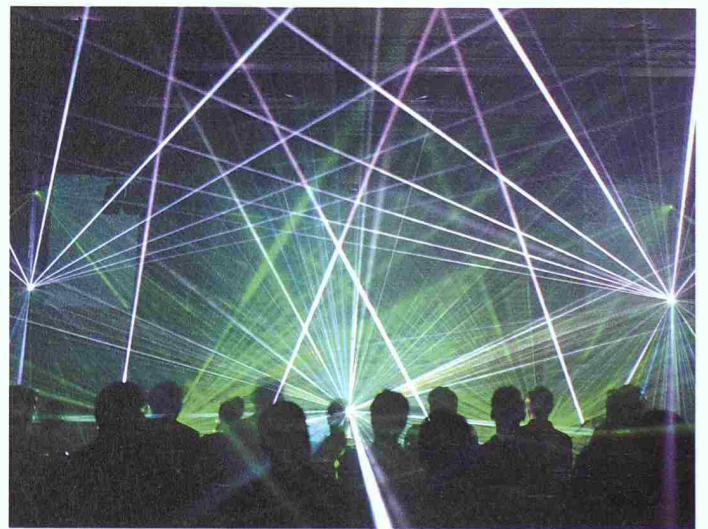
6

Bild aus der Show der Laserland an der Showtech 2001 in Berlin



7

Vollautomatische Laseranimation im Hauptbahnhof Frankfurt a. Main



8

Bild aus der Show der Winkler Veranstaltungstechnik an der X'01 in Zürich

Bilder 2/3 und 7 mit freundlicher Genehmigung der Winkler Veranstaltungstechnik AG, [www.diezukunft.ch](http://www.diezukunft.ch). Die anderen Bilder stammen von Laserland GmbH, [www.laserland.de](http://www.laserland.de).

controllers besteht jedoch nicht aus einem handelsüblichen Personal Computer, sondern es handelt sich um einen eigens dafür entwickelten Rechner. Ein Personal Computer würde nicht die geforderte Betriebssicherheit garantieren. Eine komplett aufgebaute Showlaser-Anlage für den professionellen Einsatz – bestehend aus 5-Watt-Weisslicht-Laser, PCAOM-Kristall, Glasfasersystem, 2 Projektoren und einem Lasercontroller – kann 80 000 Franken und mehr kosten.

### Laserdisplay-Technologie versus Videobeamer

Die interessantesten Zukunftsaussichten in der Event-Branche liegen unter anderem in der Laser-Display-Technologie. Das Konzept der Laser-Display-Technologie besteht darin, an Stelle eines Elektronenstrahls, wie er im herkömmlichen Monitor zur Erzeugung des Bildes verwendet wird, einen Laserstrahl einzusetzen. Der Laserstrahl wird dabei horizontal von einem Polygon-drehspiegel (ein Spiegelrad mit 25 Spiegelflächen) und vertikal von einem herkömmlichen Galvanometer abgelenkt. Durch diese beiden Scanner wird das Bild Zeile für Zeile abgebildet. Die Bildwiederholfrequenz ist so hoch, dass ein flimmerfreies Bild entsteht. Als Laserquelle dient eine Kombination von drei Festkörperlaser für die Farben Rot, Grün und Blau. Sie lassen sich unabhängig in der Helligkeit variieren, was die Mischung jeder erdenkliche Farbe (additive Farbmischung) ermöglicht.

Ein grosser Vorteil der Laser-Display-Technologie ist, dass keine Schärfenverluste resultieren, weil das Bild durch nur einen Laserstrahl von sehr kleiner Divergenz erzeugt wird. Im Gegensatz zu einem herkömmlichen Videobeamer lassen sich Bilder sogar auf Kugeln oder andere unebenen Oberflächen gestochen scharf projizieren. Zudem weisen Laser-Display-Systeme Kontrastwerte auf, die mit Videobeamern nicht erreicht werden können. Laser-Display-Systeme können für Kugel- und Kuppelprojektionen (z.B. Planetarien), Visualisierung für Simulatoren, für jede Art von Events und auch für digitales Kino verwendet werden. Die Technologie soll weiterentwickelt werden, bis ein Einsatz auch in den Haushalten erschwinglich wird. Für den professionellen Markt sind Laser-Display-Systeme seit April 2001 als Seriengeräte erhältlich.

Ausserdem konzentrieren sich die Entwickler vorwiegend darauf, die verfügbaren Technologien für die klassischen Anwendungen zu verfeinern. Eines der Ziele besteht darin, einen farbigen (Dauerstrich-)Festkörperlaser herzustellen, der in allen Gebieten der Event-Branche eingesetzt werden kann. Dieser wird vermutlich ebenfalls aus drei einzelnen Lasern in Rot, Grün und Blau bestehen. Andere Projekte beschäftigen sich mit der Herstellung eines wasserdichten Laserprojektors, der in geringen Wassertiefen und auch outdoor einsatzfähig ist. Es wird sich zeigen, wie sich die Showlaser-Technologie im gegenwärtig stark boomenden Multimediabereich behaupten wird.

Marco Zimmermann ist freischaffender Lasertechniker; marco@laser.ch

### Was ist ein Laser?

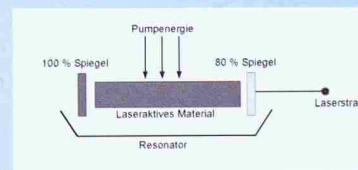
Ein Laser ist ein Gerät zur Erzeugung von gebündeltem Licht. Eine «normale» Lichtquelle sendet ihr Licht gleichmässig in alle Richtungen aus. Der Laser dagegen erzeugt einen gebündelten Lichtstrahl, der sich in eine vorgesehene Richtung und mit geringer Divergenz ausbreitet. Laserlicht ist kohärent, das heisst, dass die ausgesandten elektromagnetischen Wellen phasengleich schwingen.

Das Licht einer «normalen» Lichtquelle (etwa einer Glühbirne) enthält Licht in verschiedenen Wellenlängen, die das menschliche Auge als unterschiedliche Farben wahrnimmt. Alle Farben zusammen erscheinen uns als weisses Licht. Das Laserlicht dagegen enthält nur einen schmalen Anteil der jeweiligen Farbe. Je nach Art des Lasers resultiert sichtbares Licht der Farben Violett, Blau, Grün, Gelb, Orange oder Rot sowie unsichtbares Licht im Ultraviolett(UV)- oder Infrarot(IR)-Bereich.



### Technisches Prinzip des Lasers

Ein Laser besteht aus dem laseraktiven Material, der Pumpenergiequelle und dem optischen Resonator. Je nach laseraktivem Material unterscheidet man Festkörperlaser, Gaslaser oder Flüssigkeitslaser. Wird das laseraktive Material von einer Lichtquelle hoher Leistung bestrahlt (optisches Pumpen) oder mit elektrischer Energie versorgt (Hochspannung bei Gaslasern), so werden durch die zugeführte Energie die Atome in ein höheres Energieniveau über den Grundzustand gehoben. Die Atome kehren unmittelbar auf ihr Grundniveau zurück und senden dabei Photonen aus, die weitere Emissionen auslösen. Beim optischen Resonator handelt es sich um einen Lichtverstärker, der die Photonen zwischen seinen beiden Spiegeln verstärkt. Einer der beiden Spiegel ist teildurchlässig. Rund 20 % der Lichtenergie gelangt zur Nutzung nach aussen.



Je nach Konstruktionsprinzip sendet ein Laser unterschiedliche Strahlung aus: Der Dauerstrichlaser (auch CW-Laser genannt) ist der am meisten verbreitete Laser. Dauerstrich bedeutet, dass der Laser während seiner Aktivität kontinuierliche Strahlung sendet. Gepulste Laser hingegen senden ihre Lichtenergie in Form von aufeinander folgenden Lichtblitzen aus. Jeder Blitz hat eine Länge von einigen Millisekunden. Da die Impulse jedoch kurz sind, ist die im Mittel abgegebene Leistung wesentlich kleiner. Gepulste Laser werden aufgrund ihrer enormen Impulsleistung in der Industrie angewendet (Materialbearbeitung und anderes mehr). Die Industrie setzt CO<sub>2</sub>-Laser mit bis zu 4000 Watt ein. Damit lässt sich bis zu 20 mm dicker Stahl schneiden.

Grafik und Text (sinngemäss) von Ingenieurbüro Goebel GmbH, Darmstadt