

Juli 2010 9. Jahrgang

www.physik-journal.de

Physik Journal

Schwerpunkt
50 Jahre Laser

Deutsche Physikalische Gesellschaft  DPG



■ Zauber des Lichts

Wie Lasershows mit wahrhaft übernatürlichen Eindrücken faszinieren.

Zuckende Lichtstrahlen formen mal Fächer, mal Tunnel, Konturbilder vertrauter Figuren. Die Betrachter tauchen staunend in ein mit Licht gefülltes Schwimmbcken und stehen plötzlich in einem Feuerwerk. Ob Vergnügungspark, Produktpräsentation, Konzert oder Silvesterparty – Lasershows unterhalten, erstaunen, entrücken. Ihre Macher ziehen dabei alle Register der Optik.

Als eigentliche Strahlquelle dienten lange Zeit Gasionenlaser. Häufig kam ein Mix aus Argon und Krypton zum Einsatz, der gleichzeitig bei acht bis zehn Wellenlängen zwischen 470 und 640 Nanometer emittiert und so einen breiten Gestaltungsspielraum lässt. Außerdem liefern sie mit Aufweitungen von weniger als einem Zehntelgrad auch auf größere Entfernungen noch ausreichend gebündelte Strahlen. Ihr einziges Manko ist die enorme Leistungsaufnahme von 30 bis 70 Kilowatt und die erforderliche Wasserkühlung. Wenn es aber richtig „krachen“ soll und das Multimediaspektakel 400 bis 500 Kilowatt verbrennen darf, kommen auch heute noch Gasionenlaser zum Einsatz. Etwa bei Shows im Freien, wo die Strahlen große Distanzen von mehreren hundert Metern oder gar Kilometer überbrücken sollen.

Wenn's auch ein bisschen weniger sein darf, sorgen Diodenlaser oder optisch gepumpte Festkör-



Seit rund 40 Jahren gibt es Lasershows. Inzwischen entwickeln sie sich immer

mehr zu einem multimedialen Ereignis.

perlaser für die gewünschten Effekte, da ihnen Luftkühlung und gewöhnlicher Netzstrom genügen. Schwierig ist es allerdings, mit Dioden-Showlasern bei einer roten Wellenlänge noch so viel Intensität zu emittieren, dass die Zuschauer den Strahl als wirklich hell empfinden. Außerdem überlagern sich die Einzelstrahlen dieses Showlasertyps bei verschiedenen Modellen am Markt nicht ausreichend, weil bei der Kollimationsoptik gespart wird. Die Folge sind starke Divergenzen. Optisch gepumpte Festkörperlaser sind im Vergleich dazu zwar teurer, haben aber nicht mit der starken Strahldivergenz zu kämpfen und erreichen bei allen wichtigen

Wellenlängen ausreichende Intensitäten. Als „Showfarben“ haben sich Blau (460 nm), Grün (532 nm) und Rot (639 nm) etabliert. Daneben gibt es noch weitere Farben, von Cyan und Azur bis Orange und Gelb. Ein Laserstrahl aus den drei Grundfarben genügt zwar, um jeden Farbwert darzustellen, die anderen Wellenlängen liefern jedoch stets einen wichtigen Beitrag zur Gesamtintensität. Oder sie helfen dabei, möglichst treffend eine Sonderfarbe – etwa für ein Firmenlogo – zu erzeugen.

Die Intensitäten der Einzelfarben eines RGB- oder Gasionenlasers lassen sich bei einem gemeinsamen Strahlweg durch akusto-optische



Bei hochwertigen RGB-Diodenlasern sorgt eine Optik für eine Überlagerung der Strahlen verschiedener Wellenlänge. Bei einfachen Modellen

dienen dagegen mikromechanische Spiegel der Parallelisierung, was eher einer Aneinanderreihung von Laserstrahlen gleichkommt.



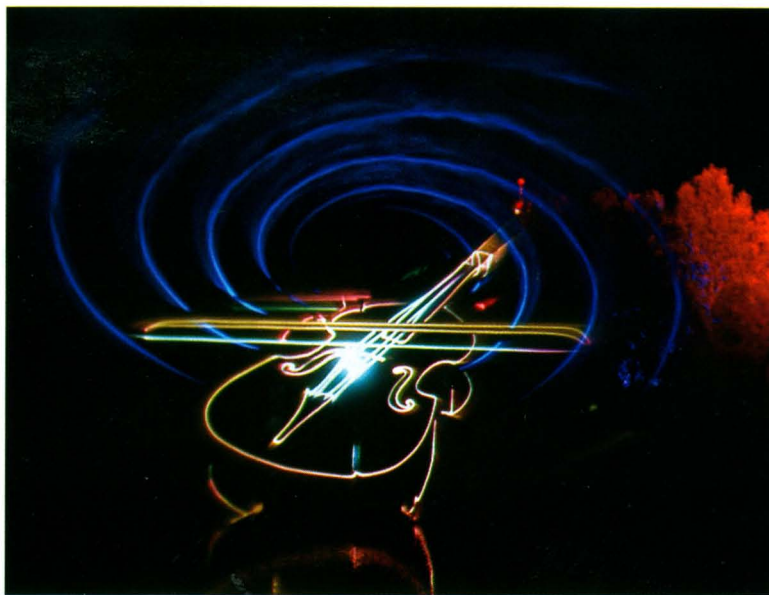
In Laserprojektoren finden mehrere Module Platz. Alle Showlaser sind luftgekühlt – wie an den Kühlrippen zu erkennen ist –, nur Gasionenlaser arbeiten noch mit Wasserkühlung.

Modulatoren (AOM) variieren, um so Farbe und Intensität des Gesamtstrahls zu beeinflussen. Bei einem AOM strahlt man eine Schallwelle in einen Kristall ein. Dies bewirkt ein moduliertes Dichteprofil, das sich mit Schallgeschwindigkeit bewegt. Dadurch variiert der Brechungsindex im Kristall periodisch und führt zu Bragg-Streuung am entstehenden optischen Gitter.

Bei ganz einfacher Lasershowtechnik geschieht die Intensitätsmodulation teils noch mit dichroitischen Filtern, die zumeist aus mehreren dünnen, dielektrischen Schichten bestehen und nur bestimmte Wellenlängen durchlassen. Diese Selektivität beruht auf Interferenz zwischen direktem und mehrfach reflektiertem Licht. Die Filter werden dabei mechanisch in den Strahlengang geschwenkt, was für gehobene Ansprüche viel zu langsam ist.

Da das Auge wegen seiner maximalen spektralen Empfindlichkeit bei 555 Nanometer einen grünen Strahl als zwei- bis dreimal heller wahrnimmt als einen roten oder blauen, muss ein RGB-Lasersystem Quellen unterschiedlicher Intensität kombinieren. Solche Module liefern heute zwischen einigen hundert und 2500 Watt pro Quadratmeter in einer Entfernung von 200 Metern. Hochwertige RGB-Lasersysteme, die aus mehreren Modulen bestehen, erreichen dadurch Intensitäten bis 14 000 Watt pro Quadratmeter und liefern auch nach mehrfacher Reflexion an Spiegeln oder über große Distanzen hinweg ausreichend helle Strahlen.

Diese sind per se aber unsichtbar. Daher wird der Showroom zunächst mit künstlichem Nebel gefüllt, an dem es zur Mie-Streuung kommt: Die Nebeltröpfchen, die ähnlich groß sind wie die Wellenlänge des Lichts, lenken dieses im Gegensatz zur Rayleigh-Streuung fast unabhängig von der Wellenlänge ab, dafür jedoch stark anisotrop – vor allem in Vorwärtsrichtung. Blicken die Zuschauer also schräg auf einen Laserstrahl, dessen Quelle sich vor oder neben ihnen befindet, erscheint der Strahl im Nebel heller



Mit schnellen Scannern lassen sich Lasergrafiken auf Projektionsflächen schreiben. Damit die Konturen nicht

flackern, muss das Bild pro Sekunden 20 bis 25 Mal neu entstehen.

als wenn er von den Zuschauern weg gerichtet ist.

Geht es lediglich darum, eine Art Leinwand zu bestrahlen, spricht man von einer „Lasergrafik“. Oft dienen dazu Gebäudewände. Wenn das Bild jedoch mitten im Raum schweben soll, kommen meist Wasserleinwände zum Einsatz – in der Regel künstlich erzeugte Vorhänge aus feinen Wassertröpfchen, die bei Dunkelheit kaum auffallen, solange nichts auf sie projiziert wird.

Die Schlüsselkomponente der Lasershowtechnik ist das so genannte Scannersystem, das die Strahlen in die jeweils gewünschte Richtung lenkt. Seine Positioniergenauigkeit und Geschwindigkeit bestimmen die Qualität der Darstellung. Ein Scanner besteht aus zwei zueinander rechtwinklig montierten, elektronisch gesteuerten Galvanometerspiegeln. Spitzenprodukte schaffen es, die Spiegel 375 000 Mal pro Sekunde auszurichten. Um solche Scanner für Laserprojektionen in Echtzeit zu steuern, genügt die Rechenleistung eines einzelnen PCs bei Weitem nicht mehr. Zeichnet man mit einem Scannersystem die Konturen eines Logos auf die Projektionsfläche, muss dieses Bild wie bei Filmprojektoren 20 bis 25 Mal pro Sekunde erneuert werden, sonst nimmt das menschliche Auge ein Flackern wahr.

Die Präzision ist besonders dann entscheidend, wenn der Strahl in einer „Beamshow“ mehrfach durch den Raum geworfen wird und dabei exakt die dort aufgestellten Effektspiegel treffen muss. Denn nur dann lassen sich Fächer oder andere Muster darstellen, die alle von einer einzigen Strahlquelle beschickt werden. Manchen Effektspiegeln kommen aber noch weitere Funktionen zu: So trennt etwa ein reflektierendes Beugungsgitter einen weißen Strahl wieder in seine Anteile auf und erzeugt bunte Strahlenkränze; ein geschickt bewegter Spiegel wiederum „verschmiert“ den Laserstrahl zu einem eindrucksvollen Lichttunnel.

Angesichts dieser teils besonders hohen technischen Anforderungen an Strahlquellen und Scannersysteme ist es kein Wunder, dass die Kosten für Lasershows von 300 Euro bis eine Million Euro variieren können. Inzwischen entwickeln sie sich auch immer mehr zu einem multimedialen Ereignis aus Musik, Videos, synchronen Videoprojektionen, Wasserleinwänden, „Moving Lights“, Feuer und Düften. Im Mittelpunkt stehen aber noch immer die Showlaser, die ein farbreines, wenig divergentes Licht liefern, wie man es im Alltag nicht erleben kann.

Michael Vogel

Michael Vogel,
vogel_m@gmx.de