

Festkörperlaser für Hollywood

Filmbelichter bringen digitale Effekte vom Computer auf die Filmrolle. Die Entwickler eines neuen Gerätes, das mit Festkörperlasern arbeitet, erhielten jetzt den Technik-Oscar.

Schmatzende Dinosaurier, Raumschiffe in den Weiten des Welt- raums und jetzt Fabelwesen im *Herrn der Ringe* oder Zaubertricks in *Harry Potter* – digitale Bildbear-



Für Filme wie *Herr der Ringe* werden immer mehr Spezialeffekte am Computer erzeugt. Solche digitalen Filmszenen müssen in einem aufwändigen Verfahren Bildpunkt für Bildpunkt auf analoges Filmmaterial belichtet werden. Eine neue Belichtungstechnik kann dies sechsmal so schnell wie bisher. (Foto: Warner Bros.)

beitung und Filmbelichtung lassen Spezialeffekte im Kino (oft) wie echt wirken. Filmbelichter schlagen dabei die Brücke zwischen den am Computer generierten, digitalisierten Bildern und dem in der Kinobranche gebräuchlichen analogen Filmmaterial – sie belichten digitale Bilder auf Zelluloid. Der Zeit- und Kostenaufwand, um Effekte in hoher Qualität auf den Film zu ban- nen, ist enorm. Das erkennt man schon daran, dass selbst in Filmen wie *Jurassic Park* die Dinosaurier, die ja die eigentlichen Hauptdarsteller sind, nur in wenigen Film- szenen auftauchen.

Durch eine neue Technik für Filmbelichter kann sich dies nun ändern. Am 2. März wurden die Entwickler eines Filmbelichters, der sechsmal schneller arbeitet als bisherige Modelle, in Los Angeles mit einem Technik-Oscar der *Academy of Motion Picture Arts and Scien-*

ces ausgezeichnet: Wolfgang Riedel vom Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik in Freiburg sowie Johannes Steurer und Franz Kraus von der Firma Arri aus München.

Das digitale Kinobild

Bevor der Filmbelichter in Aktion tritt, werden Spezialeffekte am Computer erzeugt. Häufig werden auch analog gedrehte Filme digitalisiert und nachbearbeitet – d. h. die Einzelbilder des Films liegen in digitaler Form vor.

Ein digitales Bild ist in Felder gleicher Größe – so genannte Pixel – aufgeteilt. Jedes Pixel besitzt z. B. im Fall eines Schwarz-Weiß-Bildes einen bestimmten Helligkeitswert, der durch eine Zahl beschrieben wird. Im Binärsystem, bestehend aus 0 und 1, lassen sich mit einer achtstelligen Zahl 256 verschiedene Helligkeitswerte charakterisieren. Beim additiven RGB-Farbmodell (Rot-Grün-Blau) werden die Helligkeitswerte für jede der drei Grundfarben Rot, Grün und Blau mit Zahlenwerten zwischen 0 und 255 angegeben. Da normalerweise für jede Grundfarbe acht Bit verwendet werden, ergibt sich daraus eine Farbtiefe von $3 \times 8 = 24$ Bit (3 Byte), d. h. es können $256 \times 256 \times 256 = 16,8$ Millionen Farben unterschieden werden. Mit Kenntnis der Pixellage ist das Bild dann vollständig digital erfasst. Bei dem in der Kinobranche häufig verwendeten Cineonformat besteht ein Bild aus 4096×3112 Pixeln mit einer feineren Farbabstimmung von 3×10 Bit – das entspricht rund 50 MByte pro Bild!

Aufgrund dieser Datenmengen, die für die heutigen digitalen Speichermedien zu groß sind, wird eine komplette Digitalisierung des Kinofilms vom Dreh bis zur Vorführung vorerst noch Zukunftsmusik bleiben. Auch heute noch werden fast alle Kinofilme wie zu Stummfilmzeiten auf analogem Filmmaterial

gedreht. Die Aufgabe eines Filmbelichters ist es nun, digital gespeicherte Bilder auf das analoge Filmmaterial zu übertragen.

Laser statt Röhren

Für die Übertragung der digitalen Bildinformation auf das Negativ stehen zwei Verfahren zur Verfügung: das CRT-Verfahren (*Cathode Ray Tube*) und das Laserbelichtungsverfahren. Das CRT-Verfahren arbeitet mit drei Kathodenstrahlröhren, die rotes, blaues und grünes Licht emittieren. Entsprechend der digitalisierten Bildinformation werden die Lichtstrahlen abgelenkt und belichten Punkt für Punkt das Bild auf das unbewegte Filmmaterial. Nachteil der CRT-Belichtung ist die geringe Leistung der Röhren, sodass oft grobkörnigeres Filmmaterial belichtet werden muss – schlecht für Auflösung und Kontrast. Pro Bild wird bis zu 35 Sekunden belichtet. Und da eine Filmsekunde aus 24 Bildern besteht, dauert die Belichtung eines fünfminütigen Dinosaurier-Auftritts etwa 70 Stunden!

In den Laserbelichtern der ersten Generation werden Gaslaser eingesetzt, die rotes, grünes und blaues Licht emittieren. Die Laserstrahlung ist im Gegensatz zum Licht aus der Kathodenstrahlröhre monochromatisch und besitzt neben einer definierten Strahlform auch eine höhere Leistung. Laserbelichter lassen sich somit besser an die spektrale Empfindlichkeit des Filmmaterials anpassen und sind bei der Belichtung schneller: Ein von Kodak entwickeltes Gerät belichtet bei gesteigerter Qualität ein Bild in bis zu zehn Sekunden und damit dreimal schneller als ein CRT-Belichter. Gaslaser müssen jedoch aufwändig und damit kostenintensiv gewartet werden. Zusätzlich kommt es aufgrund der großen Leistungsaufnahme der Laser zu Problemen bei der Wärmeabfuhr und Klimatisierung des Betriebsraumes. Laserbelichter konnten sich daher bisher nicht gegen die CRT-Belichter durchsetzen.

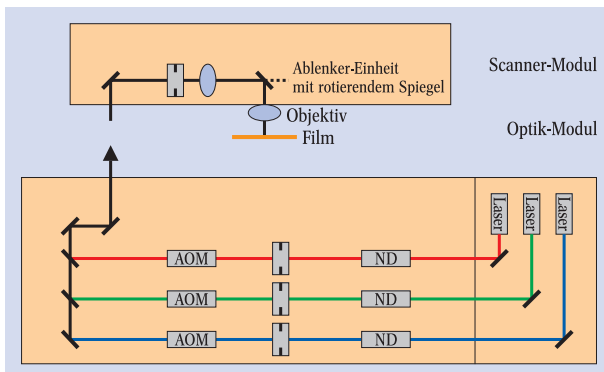


Abb. 1: In dem neuen Filmbelichter werden mithilfe von drei Diodenlasern und zwei Frequenz-verdoppelnden Kristallen rotes, grünes und blaues Licht erzeugt. Variable Neutraldichtefiltersets (ND) sorgen dafür, dass die Laserintensität auf das notwendige Maß abgeschwächt wird. Je nach gewünschter Mischfarbe für den jeweiligen Bildpunkt lässt sich dann die Intensität der einzelnen Strahlen mithilfe von akusto-optischen Modulatoren (AOM) variieren.

Technik-Oscar dank Festkörperlaser

Der nun mit dem Technik-Oscar ausgezeichnete Arrilaser-Filmbelichter schlägt einen anderen Weg ein und baut auf Festkörperlasern auf. Gegenüber Gaslasern haben diese den Vorteil, dass nicht nur ihre Lebensdauer doppelt so hoch und ihre Wartung weniger aufwändig ist, sondern dass auch die mit

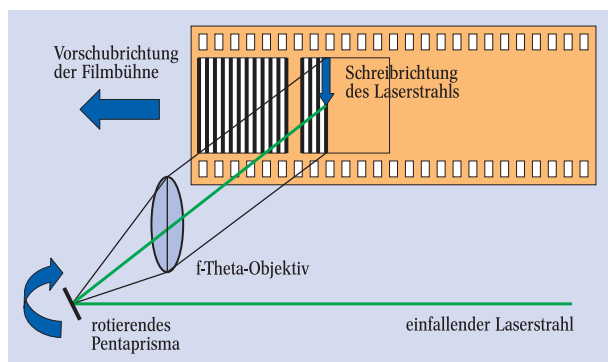


Abb. 2: Ein rotierendes Pentaprisma führt den Laserstrahl entlang einer Bildzeile, während gleichzeitig der Filmstreifen vorbeigezogen wird. Auf diese Weise lassen sich fünf Minuten Kinofilm Zeile für Zeile in zwölf Stunden belichten.

ihnen arbeitenden Belichter schneller sind.

Der Arrilaser ist nicht viel größer als eine Tiefkühltruhe und beinhaltet neben dem Magazin für einen bis zu 600 Meter langen Film und der eigentlichen Aufzeichnungseinheit drei Festkörperlaser samt optischen und technischen Komponenten zur Modulation der Intensität der Laserstrahlen. Im roten Wellenlängenbereich werden Diodenlaser verwendet, während man für Grün und Blau Infrarot-Diodenlaser einsetzt, deren Frequenzen in einem nichtlinearen Kristall verdoppelt werden.

Die Laserstrahlen werden durch ein System aus Linsen, Spiegeln und Blenden geformt und mithilfe variabler Neutralsichtfiltersets (ND) auf die für die Belichtung benötigte Intensität abgeschwächt (Abb. 1). Zusätzlich werden dadurch auch zeitliche Schwankungen in der Strahlintensität kompensiert.

Im Computer des Belichters wird das digitalisierte Bild automatisch bearbeitet, um Auflösung, Schärfe und Farbraum technisch anzupassen. Die digital-analog gewandelten Signale lassen sich dann dazu verwenden, über einen akusto-optischen Modulator (AOM) die Intensität eines Laserstrahls stufenlos zu variieren. Ein AOM besteht im Wesentlichen aus einem optisch transparenten Kristall, in den eine akustische Welle eingestrahlt wird. Dadurch wird im Kristall ein Beugungsgitter erzeugt, an dem der einfallende Lichtstrahl gebeugt wird. Die Intensität der austretenden Laserstrahlung hängt also vom Beugungsgitter und somit von der Amplitude der angelegten akustischen Welle ab. Diese wiederum entspricht der digitalen Bildinformation, in der der Farbwert eines Pixels codiert ist. Die Intensität der einzelnen Laserstrahlen wird so moduliert, dass beim Überlagern der gewünschte Farbwert entsteht.

Ein rotierendes Pentaprisma, das

sich mit 6000 Umdrehungen pro Minute dreht, lenkt die modulierten, überlagerten Laserstrahlen ab (Abb. 2). Dadurch entsteht eine durchgehende Linie, die mit einem speziellen Objektiv gebündelt und auf das Negativ fokussiert wird. Eine Besonderheit dieses so genannten f-Theta-Objektivs (das einen sehr großen objektseitigen Feldwinkel besitzt) ist die Fokussierung des rotierenden Parallelstrahles auf eine ebene Fläche. Pro Umdrehung des Pentaprismas wird eine Zeile auf den Film belichtet, der während des Belichtungsvorgangs mit konstanter Geschwindigkeit quer zur Richtung des abgelenkten Laserstrahles transportiert wird: Zeile für Zeile wird so das gesamte Filmbild belichtet. Der Belichtungszyklus eines Bildes ist in weniger als sechs Sekunden abgeschlossen. Im Vergleich zum CRT-Belichter arbeitet der Arrilaser etwa sechsmal schneller, sodass eine fünfminütige Dinosaurier-Szene in 12 Stunden auf den Filmstreifen belichtet ist.

Der Phantasie der Filmmacher scheinen nun (fast) keine Grenzen mehr gesetzt: Denn nicht nur schmatzende Dinosaurier und fliegende UFOs lassen sich jetzt gut und schnell ins Bild setzen, sondern ganze Filme können, nachdem das Negativ abgetastet und im Computer digital nachbearbeitet wurde, wieder auf Film zurückbelichtet werden. Auch die Restauration alter Filme geht mit dieser Technik schneller und kostengünstiger. Das Publikum kann sich also auf noch mehr atemraubende, am Computer generierte Filmszenen freuen. Bleibt nur zu hoffen, dass dabei nicht die Schauspieler und ihre Kunst auf der Strecke bleiben.

KATJA BAMMEL

Dr. Katja Bammel, Cagliari/Italien,
Katja.bammel@dsf.unica.it