



Ernst-Bernhard Kley¹



Thomas Kämpfe¹

¹ Friedrich-Schiller-Universität Jena,
Institut für Angewandte Physik

Die Erzeugung von Bildern mittels Projektionstechnik hat ein weites Anwendungsgebiet überall dort, wo eine Ausfüllung der Bildebene mit einem bilderzeugenden Gerät nicht machbar oder zu teuer ist. Die üblichen Projektionsverfahren, welche die Bildinformation mittels LCD- oder Mikrospiegel-Array auf einen gewöhnlichen Lichtstrahl aufmodulieren, sind dabei in Ihrer Anwendung durch die erreichbare Helligkeiten und Kontraste, den erreichbaren Verzerrungsgrad des Bildes (bei Projektion auf schräge Flächen) und die Größe der Projektionseinheit beschränkt. Einige spezielle Anwendungsfälle können daher mit konventionellen Projektionssystemen nicht gelöst werden.

Am Institut für Angewandte Physik werden in diesem Rahmen computergenerierte RGB-Hologramme entwickelt, die Projektionssysteme mit großer Schärfentiefe und starkem Kontrast möglich machen. Weiterhin ist mit diesem Prinzip die Realisierung einer sehr kleinen Projektionseinheit am Ort der Bildprojektion möglich, insofern die benötigte Laserleistung zur Verfügung steht (z. B. durch Lichtleitfasern geliefert).

Die monochromatische Bilderzeugung durch computergenerierte Hologramme (CGH) ist bekannt. Auf den Laserstrahl wird durch das CGH eine optische Funktion aufmoduliert, die während der weiteren Ausbreitung des Strahls in das Fernfeld durch Interferenz das gewünschte Bild entstehen lässt. Das CGH und die Bildebene sind dabei im einfachsten Fall durch eine Fourier-Transformation verknüpft, wodurch die typischen Eigenschaften eines Hologramms (Justierempfindlichkeit, »Zerbrochene« Hologramme erzeugen immer noch das Gesamtbild) bedingt sind. Im allgemeinen Fall kann das CGH sowohl die Amplitude als auch die

Phase des Strahls beeinflussen. Aufgrund der wesentlich höheren Effizienz sind jedoch in unserem Fall hauptsächlich Phasenhologramme von Interesse.

Zur Erzeugung vollfarbiger Bilder benötigt man drei einzelne CGH, welche den Rot-, Blau- und Grünanteil des zu erzeugenden Bildes einzeln kodieren. Durch Beleuchtung der drei Hologramme mit den entsprechenden Wellenlängen können drei einzelne Bilder in den Grundfarben Rot, Blau und Grün erzeugt werden, die bei geeigneter Überlagerung das gewünschte, bunte Bild ergeben. Ein naheliegender Weg, die Farbtrennung in der Hologrammebene zu erreichen, ist eine laterale Trennung der CGHs. Dieses Prinzip konnte bereits erfolgreich experimentell bestätigt werden. Die erzeugten Bilder zeichnen sich durch sehr hohen Kontrast und eine sehr gute Farbbrillanz aus. Ein entscheidender Vorteil von CGHs geht jedoch bei diesem lateralen Farbmultiplexing verloren: Die Überlagerung der drei Farben kann nur für eine bestimmte Ebene erreicht werden, somit wird die Schärfentiefe verringert. Weiterhin ist der optische Aufbau sehr justieraufwendig.

Die momentane Forschung konzentriert sich darauf, andere Methoden des Farbmultiplexings zu finden, die ohne eine laterale Deplatierung der einzelnen CGHs auskommen. Damit wäre eine einfache Erzeugung echter, farbiger Bilder aus einem weißen Laserstrahl (kombiniert aus Rot, Grün und Blau) möglich. Das RGB-CHG würde sich dann genauso verhalten, wie ein konventionelles CGH und die gleichen vorteilhaften Eigenschaften zeigen (sehr große Schärfentiefe, einfaches Handling). Erste Prototypen dieser neuen Technik konnten bereits erfolgreich getestet werden.

Color picture generation by RGB-holograms

The generation of pictures by projection techniques can be very useful, if the picture can not be created in the image plane itself. The common projection techniques, which modulate a beam of light by means of an LCD- or micro-mirror-array, are restricted regarding the achievable picture deformation (important for projection on tilted surfaces) and the size of the projection unit itself. Therefore conventional projection systems can not be used for certain applications.

In this context the institute of applied physics currently develops computer generated RGB-holograms, which allow the realization of projection systems with an extensive depth of focus and high contrast. Furthermore this principle allows very small projection units, if the necessary laser power is available (e.g. delivered by an optical fiber).

The generation of monochromatic pictures by computer generated holograms (CGH) is common knowledge. An optical function is modulated onto a laser beam, creating the desired picture by interference during the further propagation of the beam. In principle the CGH and the image plane are connected by a Fourier transformation, therefore CGH's show the typical properties of conventional holograms (tolerant to adjustment errors, "broken" holograms still create the whole image). In the most general case, a hologram can influence both amplitude and phase. However, our interest lies in phase holograms due to their superior efficiency.

To create colored pictures three holograms are necessary, which encode the red, green and blue parts of the image separately. The illumination of these three holograms with the corresponding wavelength allows the creation of three pictures in the main

colors red, green and blue, which create a fully colored picture if they are superpositioned correctly. The simplest way of separating the colors in the hologram plane is to laterally separate the three CGHs. This principle has already been demonstrated experimentally. The created pictures are very colorful and exhibit a high contrast, but important advantages of CGHs are lost in the case of lateral color multiplexing. The correct superposition of all three colors can only be obtained for a certain image plane, which reduces the depth of focus. Furthermore the adjustment process is very complicated.

Our current research explores the possibilities of other color multiplexing techniques, which avoid the lateral displacement of the single red, green and blue CGHs. This would allow the creation of color pictures from one white laser beam (combined from red, green and blue). Such an RGB-CGH would have the same advantages as a conventional CGH (large depth of focus, easy handling). The first prototypes of this new technique have been successfully tested.

Abb. 1:
Mit computergenerierten RGB-Hologrammen erzeugte Farbbilder.

Fig. 1:
Color pictures, created by RGB-CGHs.

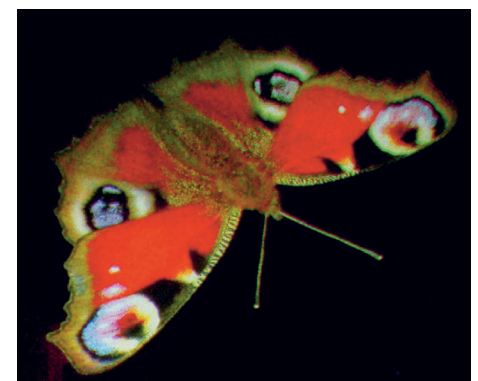
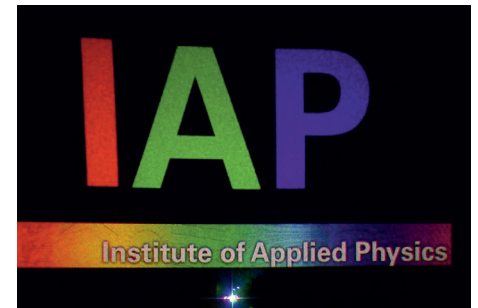


Abb. 2:
Optischer Aufbau.

Fig. 2:
Optical setup.

