

Spielwiese

Handgemachte Hologramme

H. JOACHIM SCHLICHTING | CHRISTIAN UCKE

Wenn man die Reflexe einer Lichtquelle auf einer CD beidäugig betrachtet, kann man einen virtuellen, räumlich aus der CD herausragenden Lichtbalken sehen. Dieses an ein Hologramm einer zweidimensionalen Lichtspur erinnernde Phänomen lässt sich gezielt nutzen, um mit einfachen Mitteln räumliche Bilder von einfachen Punktzeichnungen herzustellen.

Betrachtet man die Reflexe einer Lichtquelle auf einer CD, so sieht man abhängig von der Beobachterposition mehr oder weniger gekrümmte Lichtbahnen (Abbildung 1). Auch bei anderen Objekten mit konzentrischen Rillen, wie dem polierten Boden eines Edeltahltopfes, lässt sich dieses Phänomen beobachten. Dabei handelt es sich um die „hausgemachte“ Version des Schwertes der Sonne, das man beim Untergang der Sonne auf dem Wasser beobachten kann [1]. Hier wie dort wird das einfallende Licht nicht wie bei einer glatten ebenen Fläche an genau einer Stelle ins Auge des Betrachters reflektiert, sondern an jeder Neigung der Wellen und Riefen, die gerade den passenden Winkel haben. Die gekrümmten Flächen der Wellen und Rillen bieten dem Licht ein ganzes Spektrum an Winkeln an, so dass es viele geeignete Reflexionsmöglichkeiten gibt. Da jede Rille entlang der Lichtbahn das Licht unter einem anderen Winkel ins Auge reflektiert, muss das Rillenprofil von der Art sein, wie in Abbildung 2 schematisch dargestellt. Das Profil darf nicht exakt v-förmig, sondern muss eher gerun-



Abb. 1 Lichtbalken auf einer CD, der bei zweiäugiger Betrachtung schräg aus der Fläche der CD in den Raum herauszutreten scheint.

det sein. Dann entstehen in einem größeren Winkelbereich passende Neigungen für die Reflexion.

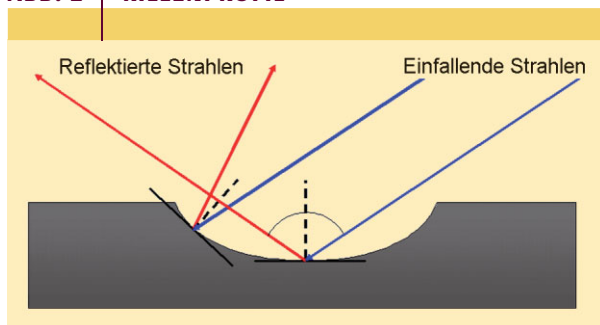
Räumliche Lichtbahn

Orientiert man die CD gerade so, dass die Reflexe eine Lichtbahn formen, dann kann man eine merkwürdige Entdeckung machen: Die Lichtbahn scheint aus der Fläche herauszutreten und wie ein Lichtstab in den Raum zu ragen.

Einen Hinweis auf den Ursprung dieses merkwürdigen Phänomens erhält man, wenn man ein Auge schließt: Der Lichtstab zieht sich auf die Oberfläche der CD zurück. Offenbar sieht jedes Auge den unterschiedlichen Blickwinkeln entsprechend verschiedene Stellen der Rillen aufblitzen. Für das visuelle System stellt sich dann die Situation so dar, als würde ein und dasselbe Objekt aus unterschiedlichen Winkeln gesehen. Daraus ergibt sich wie bei der Wahrnehmung räumlicher Objekte im Alltag die Räumlichkeit der Lichtbahnen. Es handelt sich also um eine optische Täuschung.

Das Phänomen eines räumlichen Lichtbalkens legt den Gedanken nahe, gezielt virtuelle räumliche Erscheinungen herzustellen. Die einfachste Möglichkeit besteht darin, mit einem Reißzirkel eine kreisförmige Rille in eine geeignete

ABB. 2 RILLENPROFIL



Querschnitt durch ein Rillenprofil.



Abb. 3 In einer Plexiglasplatte ist unten das Wort **PHYSIK** gepunktet dargestellt. Darüber „schwebt“ das Wort im Raum.

Unterlage, wie ein Aluminiumblech, die Hülle einer CD oder eine Overheadfolie, zu ritzen. Wie das am besten geht, erklären wir am Ende des Aufsatzes. Im Licht einer Punktlichtquelle scheint dann der Mittelpunkt dieses Kreises – den von jedem Auge an einer anderen Stelle auf dem Kreis wahrgenommenen Reflexen entsprechend – im Raum zu schweben. Die Voraussetzung einer, wie oben beschrieben, gerundeten Rille liegt hierbei fast immer vor.

Ritzt man anschließend einen weiteren Kreis mit demselben Radius um einen Nachbarpunkt, so sieht man zwei benachbarte Reflexe im Raume schweben. Geritzte Kreise um weitere Punkte entlang einer Linie führen zu einer räumlichen Linie aus entsprechenden Reflexen, die aufgrund des konstanten Abstandes zu den Ausgangspunkten streng mit diesen korreliert sind. Ein System geritzter Kreise, das auf dieselbe Weise ein aus gepunkteten Buchstaben bestehendes Wort umgibt, lässt dieses Wort auf geradezu geheimnisvoll anmutende Weise im Raum über der geritzten Fläche erscheinen.

In Abbildung 3 wird das Ergebnis am Beispiel des in einer Plexiglasscheibe gepunkteten Wortes **PHYSIK** dargestellt, das über der Scheibe zu schweben scheint. In der Fotografie ist das natürlich nur als flächenhafte Projektion erkennbar. Die Lage des schwebenden Wortes verschiebt sich je nach dem Blickwinkel, weil sich die Reflexe auf den Rillen entsprechend verschieben.

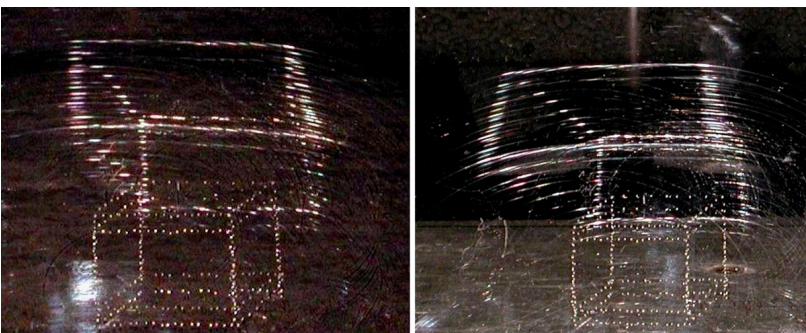


Abb. 4 Ein gepunkteter zweidimensionaler Würfel ruft je nach Blickrichtung an unterschiedlichen Stellen schwebende Würfel aus Lichtreflexen hervor.

Besonders eindrucksvolle räumliche Muster ergeben sich, wenn man die Punkte einer flächenhaft dargestellten dreidimensionalen Figur mit Ritzkreisen umgibt. In Abbildung 4 sind die aus zwei verschiedenen Blickwinkeln wahrgenommenen Ansichten eines Würfels aus Reflexen dargestellt. Darunter sieht man die gepunktete Vorlage.

Man kann noch einen Schritt weiter gehen und die von der CD bekannte Tatsache ausnutzen, dass durch ein konzentrisches System von Ringen Linien hervorgerufen werden können. Kombiniert man Kreise mit festem Radius entlang der Linien eines Quadrats und umgibt die Eckpunkte mit einem konzentrischen Ringsystem, so ergibt sich daraus ein „räumlicher“ Würfel (Abbildung 5).

In allen Fällen ist deutlich zu erkennen, dass nicht nur ein Punkt auf der geritzten Riefe die Reflexionsbedingung erfüllt, sondern ein mehr oder weniger kurzer Kreisabschnitt. Das ist einerseits auf die Abweichung der Lichtquelle von der Punktförmigkeit, andererseits auf gewisse Toleranzen des Profils der Ringe zurückzuführen. Sie reflektieren das Licht stets innerhalb eines gewissen Winkelbereichs.

Physik und Kunst

Die Möglichkeit, durch Lichtreflexe an geeignet geritzten Oberflächen virtuelle räumliche Gebilde herzustellen, ist bereits lange vor der optischen Holografie gewissermaßen als mechanische Holografie im künstlerischen Bereich realisiert worden. Der wohl erste, aber in Vergessenheit geratene Künstler, der sich mit dieser Technik virtueller räumlicher Bilder befasste, war Hans Weil (1902 – 1998). Er verarbeitete diesen Effekt an geritztem Glas sowie an geschliffenem oder gedrehtem Metall in künstlerischen Objekten. Später entdeckte die Methode der Künstler Gabriel Liebermann wieder. Sein „World Brain“ [2] wurde als mechanisch holografisches Kunstwerk gefeiert.

Herstellung von Ritzbildern

Die Ritzbilder lassen sich auf einfache Weise mit einem Zirkel herstellen, wenn man den üblichen Schreibstift durch eine Metallspitze ersetzt. Das herzustellende Objekt, beispielsweise ein Würfel, wird gepunktet auf die Platte eingezeichnet oder bei transparenten Platten darunter gelegt.

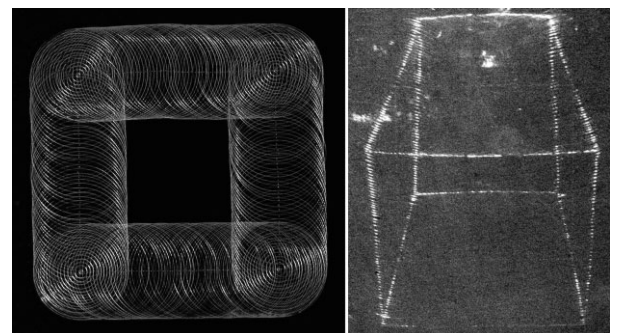


Abb. 5 Die punktförmig beleuchtete Vorlage (links) entwirft einen räumlichen Würfel aus Lichtreflexen.

Anschließend zieht man Ritzkreise um jeden Punkt, wobei deren konstanter Radius der Größe des herzustellenden Objekts angemessen sein muss.

Als reflektierende Objekte eignen sich Metallplatten (Edelstahl, Aluminium) sowie Glas- und Plexiglasscheiben (CD-Hüllen, besonders der schwarze Boden). Aber auch mit Overhead- und anderen transparenten Folien haben wir gute Erfolge erzielt. Bei den Plexiglasscheiben und Folien ist darauf zu achten, dass die Ritzung nicht zu tief gerät, so dass ein Materialschan abgehoben wird. Die Unterlage sollte mit dem Reißstift nur mehr oder weniger stark „eingedrückt“ werden. Mit einem nicht zu spitzen Zirkel oder dadurch, dass man die Zirkelspitze schräge über die Unterlage zieht, bereitet dies jedoch keine Schwierigkeit.

Zusammenfassung

Konzentrische Rillen in einer reflektierenden Oberfläche beispielsweise einer CD rufen bei richtiger Betrachtung Lichterscheinungen hervor, die in der Luft zu schweben scheinen. Dieses Phänomen erlaubt es, mit einfachen Mitteln räumliche „Bilder“ zu erzeugen, die Ähnlichkeit mit holografischen Abbildungen haben. Diese Ritztechnik fand sogar schon Eingang in die Kunst.

Stichworte

Hologramme, Holografie, holografisches Kunstwerk, Ritzbilder.

Literatur

- [1] H. J. Schlichting, MNU 1998, 51 (7), 387; 1999, 52 (6), 330.
- [2] World Brain von Gabriel Liebermann befindet sich in der Chemical Heritage Foundation 315 Chestnut Street, Philadelphia, USA. www.chemheritage.org/exhibits/ex-aaap-detail.asp?ID=189&Numb=38

Die Autoren



Christian Ucke und Hans-Joachim Schlichting sind die Begründer der Rubrik Spielwiese.

Anschriften

Prof. Dr. Hans-Joachim Schlichting, Didaktik der Physik, Universität Münster, 48149 Münster. Schlichting@uni-muenster.de
Dr. Christian Ucke, Rofanstr. 14B, 81825 München. Ucke@mytum.de