

Lamellen- und Linsenrasterbilder

Morphing, Zoom und 3D

CHRISTIAN UCKE | HANS-JOACHIM SCHLICHTING

Wackel- oder Wechselbilder und sogar 3D-Bilder werden schon seit über fünfzig Jahren mit der Linsenrastertechnik realisiert. Auch für ein 3D-Fernsehen ist diese Technik in der Diskussion. Der Vorteil liegt darin, dass man keine Hilfsmittel wie eine Brille oder Spiegel benötigt.

So manch einer kennt sie vielleicht noch aus seiner Kindheit: Wackelbilder. Je nach Blickwinkel zeigen sie zwei unterschiedliche Motive. Diese auch Riefel- oder Lamellenbilder genannten Spielzeuge erleben heute eine Renaissance – allerdings in technisch erheblich verbesserter Form.

In der einfachsten Form besteht die Bildfläche aus einem Leistenraster mit dreieckigem Profil. Jede der beiden sichtbaren Flächen ist mit einem Streifen einer eigenen Bildansicht bemalt oder beklebt. Unter einem passenden Winkel und genügend großem Abstand betrachtet (Abbildung 1a) setzen sich die Streifen zu einem Bild zusammen. Durch Änderung des Blickwinkels kann man daher von der einen Ansicht zur anderen wechseln. Blickt man jedoch frontal auf das Bild, so erscheinen die beiden Motive streifenweise gemischt.

Auch wenn die Grundidee dieser Technik bis ins 17. Jahrhundert zurückgeht, so verbreitete sie sich hauptsächlich im 19. Jahrhundert. Die Motive stammten damals fast durchweg aus dem religiösen Bereich, wobei die zwei-

fache Darstellungsmöglichkeit zu den Kombinationen Kreuzigung/Auferstehung oder Christus/Maria führte. Mit etwas Aufwand kann man sich solche Riefelbilder an seinem Rechner selbst herstellen. Mit einem Bildbearbeitungsprogramm [1] zerschneidet man zwei Bilder in passende Streifen und setzt sie wieder so zusammen, dass abwechselnd ein Streifen aus dem einen und dem anderen Motiv aufeinander folgt. Auf Papier ausgedruckt und ziehharmonikaartig gefaltet hat man eine zeitgemäße Realisierung eines Riefelbildes.

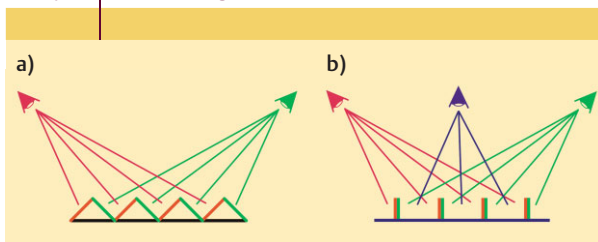
Etwas aufwendiger ist ein Verfahren, bei dem auf eine Unterlage senkrechte Lamellen befestigt werden (Abbildung 1b und 2). In einem solchen Triscenorama kann man drei unterschiedliche Ansichten unterbringen. Bei frontaler Betrachtung sieht man die auf der Grundfläche aufgetragenen Streifen, die sich zu einem Motiv, meist dem Hauptmotiv, zusammensetzen. Blickt man schräg auf das Bild, so dass die Grundfläche gerade verdeckt wird, dann setzen sich die Bildstreifen auf der jeweiligen Lamellenseite zu einem anderen Motiv zusammen. Die Motive dieser beiden Schrägsichten stehen meist in einer thematischen Verbindung zum Hauptmotiv. Auch hier dominierten früher religiöse Motive, beispielsweise die Darstellung der Dreieinigkeit Gottes, nämlich Gott-Vater, Gott-Sohn und Gott-Heiliger Geist. Eine moderne Variation sind die Reklametafeln mit drehbaren Dreiecksstäben, die in stetem Wechsel drei verschiedene Ansichten präsentieren. Auch die Bildstreifen von Lamellenbildern lassen sich – wenn auch mühsam – am eigenen Rechner realisieren [1].

Linsenrasterbilder

Eine moderne Spielart von Bildern, die mehrere Motive in sich vereinigen, findet man zum Beispiel als Postkarten in Andenkenläden. Sie sind unter dem Namen Wechsel- oder Wackelbilder, Flip- oder Kippbilder, 3D-Postkarten oder Lenticularkarten etwa seit Mitte des vorigen Jahrhunderts auf dem Markt. Auch in der didaktischen Literatur wurden sie bereits behandelt [2, 3]. In diesen Bildern werden jedoch meist keine unterschiedlichen Motive miteinander verknüpft. Vielmehr geht es darum, dasselbe Motiv unter verschiedenen Blickwinkeln darzubieten, so dass entweder eine Bewegung nach Art des Daumenkinos entsteht oder ein stereoskopischer Effekt hervorgerufen wird, der ohne weitere Hilfsmittel gesehen werden kann.

Bei der hierfür nötigen Technik wird der Effekt eines Linsenrasters ausgenutzt, das unter verschiedenen Blick-

ABB. 1 | RIEFEL- UND LAMELLENBILD



Beim Riefelbild a) sind auf den Seiten dreieckiger Leisten zwei verschiedene Ansichten aufgebracht. Beim Lamellenbild b) sind sogar drei verschiedene Ansichten enthalten (nicht maßstabsgerecht).





Abb. 2 Drei Ansichten eines Lamellenbildes (Triscenorama).

winkeln unterschiedliche Bildausschnitte sichtbar werden lässt. Fortschritte in der Drucktechnik und der Herstellung der dafür notwendigen Linsenraster aus Kunststoff machen dieses Verfahren heute wieder interessant. Neben der Möglichkeit, Bewegungen oder 3D-Effekte darzustellen, erlauben die Linsenraster auch Morphing- oder Zoom-Effekte, die besonders zu Werbezwecken genutzt werden. Bei Morphing-Bildern ist ein fast kontinuierlicher Übergang von einer Ansicht zu einer anderen Ansicht realisiert, beispielsweise von einem Gesicht zu einem anderen Gesicht. Zoom-Bilder gestatten ein fast kontinuierliches Vergrößern eines Objektes. Derartige Lentikulareffekte gibt es mittlerweile bei Visitenkarten, Postkarten, Kalendern, großen Werbepostern, Mousepads und sogar bei Briefmarken.

Ein Linsenrasterbild ist vom Prinzip her einfach aufgebaut. Dicht nebeneinander liegende plankonvexe Zylinderlinsen sind über einer Unterlage angeordnet, auf der sich

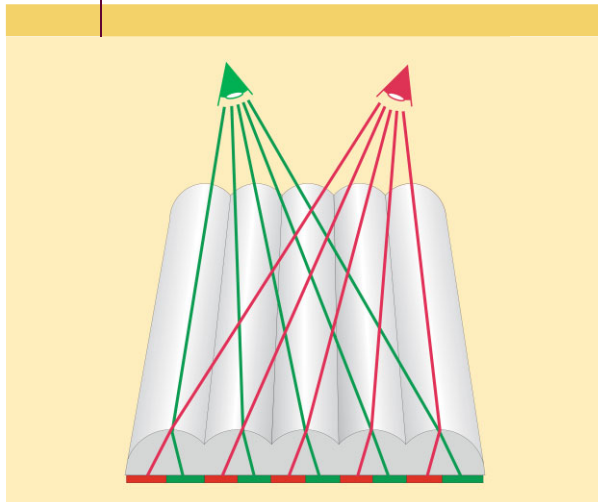


Abb. 4 In der Mitte sind die Buchstaben A und B mit dem Programm 3D-Easy als Wackelbild für eine 30-lpi-Linsenrasterfolie ausgedruckt. Links und rechts ist die Linsenrasterfolie darüber gelegt. Schwach erkennt man noch die jeweils anderen Buchstaben. Betrachtungsabstand 50 cm, senkrecht.

mehrere, im einfachsten Fall zwei in Streifen passender Breite zerschnittene Bilder befinden (Abbildung 3).

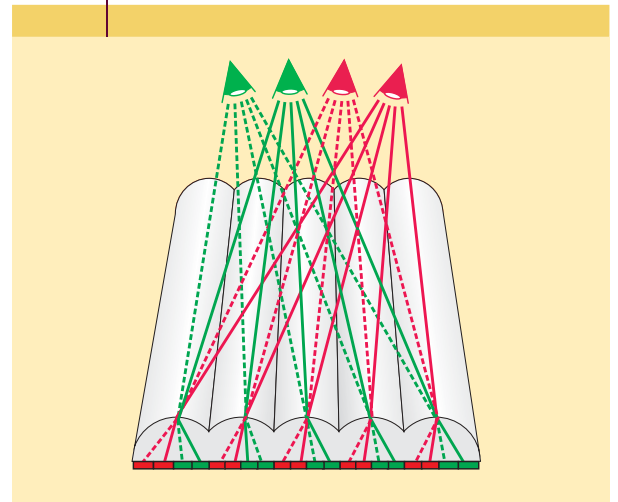
Im Falle von Stereobildern sind zwei Streifen aus zwei Ansichten eines Objekts zusammengesetzt, die aus geringfügig unterschiedlichen Blickwinkeln aufgenommen wurden. Befindet sich unter jeder Zylinderlinse gerade jeweils ein Streifen der einen und der anderen (etwas verschobenen) Ansicht, so sieht – in passendem Abstand – jedes Auge für sich ein aus den jeweiligen Streifen zusammengesetztes Bild. Da dem Gehirn auf diese Weise genau wie beim normalen binokularen Sehen eines räumlichen Objekts leicht verschobene Ansichten dargeboten werden, rufen sie auch in diesem Fall einen räumlichen Eindruck hervor. So kann auf einer ebenen Fläche ein Objekt räumlich gesehen werden – eine echte optische Täuschung. Bei der Betrachtung eines 3D-Bildes liegt die Verbindungsachse der Augen immer senkrecht zu der Achse der Zylinderlinsen.

ABB. 3 | LINSENRASTER UND BILDERSTREIFEN



Anordnung von Linsenraster und Bilderstreifen (nicht maßstabsgerecht).

ABB. 5 | STEREO- UND FLIPEFFEKT



Stereo- und Flieffekt lassen sich in einer Karte vereinigen (nicht maßstabsgerecht).

Im Falle von Bildern mit wechselnden Motiven und von bewegten Bildern befindet sich unter jeder Zylinderlinse ebenfalls – im einfachsten Falle – je ein Streifen zweier Motive. Im Unterschied zu den 3D-Bildern blickt man nun aber so auf das Raster, dass die Verbindungssachse der Augen parallel zu den Zylinderlinsenachsen orientiert ist. Durch leichtes Verkippen des Rasters kann man beim Blick auf das Bild von einem Streifensystem zum anderen und damit von einem Motiv zum anderen wechseln. Daher spricht man auch von Wackel- oder Wechselbildern. In Abbildung 3 sind nunmehr zwei zeitlich aufeinander folgende Situationen dargestellt – vor und nach dem Verkippen.

Mit professioneller Drucktechnik lassen sich statt zweier bis zu 30 Streifensysteme unter jeder Zylinderlinse unterbringen. Beim langsamen Verkippen des Bildes sieht man einen Wechsel zwischen den verschiedenen Ansichten. Wenn die aufeinander folgenden Streifensysteme den aufeinander folgenden Phasen einer Bewegung (beispielsweise einer ballspielenden Person) entsprechen, werden dem Betrachter ähnlich wie beim (Daumen-) Kino sehr realistisch wirkende quasikontinuierliche Bewegungen vorgegäuscht [4].

In Abbildung 4 sind mit dem Programm 3D-Easy Space [5] zwei Buchstaben als Wackelbild (Flip) zusammengesetzt. In der Mitte ist der Ausdruck dargestellt, wie er sich mit einem üblichen Tintenstrahlendrucker ergibt. Links und rechts ist jeweils eine 30 lpi (lines per inch) Linsenrasterfolie darüber gelegt. Man erkennt schwach noch den jeweils anderen Buchstaben, unter anderem deswegen, weil hier die Linsenrasterfolie nur lose über der Druckunterlage liegt. Hier spielen kleinste Abstände eine erhebliche Rolle. Bei kleineren Betrachtungsabständen als 50 cm werden die jeweils anderen Buchstaben noch deutlicher sichtbar. Ebenso bei schrägen Blickwinkeln.

Mit den für den privaten Bereich verfügbaren Programmen, Rechnern und Druckern lassen sich sowohl einfache, aus zwei Bildern bestehende Flipseffekte als auch Animationen mit mehreren Bildern realisieren. Hier stößt man jedoch schnell an die Grenzen üblicher Drucker. Im professionellen Bereich ist es durch erheblich bessere Druckqualität möglich, bis zu 30 verschiedene Motive darzustellen. Auch für Poster wird das Verfahren eingesetzt.

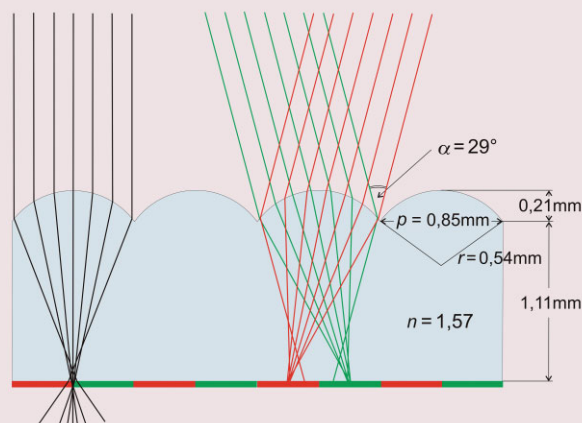
Um gleichzeitig einen 3D- und Wackeleffekt mit einem Linsenraster zu erzeugen, sind mindestens vier Streifen unter jeder Linse erforderlich (Abbildung 5). Das rot-grüne Augenpaar mit den durchgezogenen Strahlen hat je ein in Streifen zerschnittenes Bild für das linke und das rechte Auge unter den Zylinderlinsen und bekommt auf diese Weise einen Stereoeindruck.

Wird die Karte nach rechts gekippt, oder bewegt sich das Augenpaar nach links in die Position mit den gestrichelten Strahlen, so kann man das gleiche Stereobildpaar darbieten. Wenn auf diesen Streifen zusätzlich ein Text oder Ähnliches überdruckt ist, sieht man das gleiche Stereobild mit dem Zusatz. Dem Betrachter erscheint also das gleiche Grundbild mit einem aufgesetzten Flipseffekt.

3D-Fernsehen mit Linsenrasterfolien?

Die 3D-Darstellung mit der Linsenrastertechnik ist keine Erfindung unserer Zeit. Schon 1903 ließ der US-Amerikaner Frederick E. Ives seine 3D-Bilder mit einer ähnlichen Technik unter dem Namen Parallax-Stereogram patentieren [6]. Der besondere Vorteil ist, dass keine zusätzlichen Hilfsmit-

OPTIK VON LINSENRASTERN



Maßstabsgerechte Anordnung von Linsenraster (30 lpi) und Blickwinkel. Der rot-grüne Streifen stellt die unmittelbar unter den Zylinderlinsen befindliche, gedruckte Unterlage dar.

Als Beispiel für eine genauere Analyse eines konkreten Linsenrasters dient uns ein sehr grobes Linsenraster, wie es für die Herstellung von Wackelbildern mit dem eigenen Computer und Drucker erhältlich ist (Abbildung) [3]. Für die Breite der Zylinderlinsen werden 30 lpi (lines per inch) angegeben, das heißt eine Zylinderlinse hat eine Breite von $p = 25,4 \text{ mm}/30 = 0,85 \text{ mm}$. Unter einem Mikroskop lässt sich am Rand eines Linsenrasters der Querschnitt einer Linse ausmessen. Die Gesamtdicke ergibt sich zu $d = 1,32 \text{ mm}$, der Krümmungsradius lässt sich mit den angegebenen Werten zu $r = 0,54 \text{ mm}$ berechnen. Die Brechzahl des Kunststoffes beträgt $n = 1,57$.

Aus dem linken Teil der Abbildung ist ersichtlich, dass sich die von einem Auge ausgehenden und mit einem Optikprogramm berechneten Strahlen passabel in einem Brennpunkt unterhalb der Zylinderlinsen schneiden. Es handelt sich fast um einen Parallelstrahl, da der übliche Abstand des Auges von mindestens 250 mm im Verhältnis zu den Abmessungen der Zylinderlinsen sehr groß ist.

Abweichungen treten nur am Rand der Linse auf, weil hier mit einer sphäri-

schen Fläche gerechnet wurde. Durch eine andere Formgebung ließe sich das für ein senkrecht einfallendes Strahlenbündel noch beheben.

Derartige theoretische Überlegungen stoßen jedoch schnell an ihre Grenzen, da einerseits so optimierte optische Flächen bei schräg einfallenden Lichtstrahlen noch stärkere Abweichungen aufweisen und andererseits in der Realität die Ecke des Überganges von einer zur anderen Linse nicht hinreichend präzise gefertigt werden kann. Die Abweichungen der Lichtstrahlen an dieser Ecke aufgrund der stärkeren Brechung und unvollkommener Fabrikation führen letztlich dazu, dass der Betrachter fast immer auch etwas von den Nachbarstreifen sieht, so dass man schemenhaft auch einen Bildteil sieht, den man eigentlich nicht sehen sollte.

In diesem einfachsten Fall einer Wackelkarte ergibt sich außerdem, dass man die Karte um etwa 29 Grad kippen muss, um von einer Ansicht zur anderen zu gelangen. Sind mehr Streifen auf der Druckunterlage vorhanden, so sieht man entsprechend mehr Bilder, die sich dann bei geringerer Verkipfung abwechselnd zeigen.

tel wie Brillen, Spiegel oder Mehrfachbilder erforderlich sind. Man hat nur eine bedruckte Vorlage.

Im Gegensatz zu der prinzipiellen Darstellung in Abbildung 3 werden bei kommerziellen 3D-Bildern 4 bis 15 verschiedene Ausgangsbilder in Streifen zerlegt und unter dem Linsenraster angeordnet. Dadurch kann man den 3D-Eindruck für verschiedene Betrachtungsabstände und über einen größeren Winkelbereich realisieren. Beim Betrachten mancher 3D-Postkarten kann man dennoch erreichen, dass unter gewissen Winkeln gerade ein für das rechte Auge bestimmter Bildstreifen vom linken Auge wahrgenommen wird und umgekehrt für das rechte Auge. Das ergibt sich grundsätzlich auch aus Abbildung 3 und ist als sogenannter pseudoskopischer Effekt bekannt. Die Tiefeninformation dreht sich dabei um – eine konvexe Erdkugel erscheint plötzlich als Hohlwelt. Es bedarf einiger Übung, um derartige pseudoskopische Bilder wirklich zu sehen. So gut wie unmöglich ist das bei menschlichen Gesichtern, da unser Gehirn ein solches Gesicht als Hohlmaske nicht akzeptiert. 3D-Bilder lassen sich ebenfalls mit Heimmitteln erstellen [4].

Während die Wackelbilder vor allem eine schöne Spielerei darstellen, könnte das Linsenrasterverfahren für eine 3D-Technik im Bereich von LCD-Monitoren noch eine praktische Bedeutung erlangen. Damit ließe sich am Computermonitor ein Raumbild ohne Brille realisieren. Richtig durchgesetzt hat sich die Idee jedoch – noch – nicht, da die Produktionsverfahren sehr aufwendig sind und man sich längst nicht auf ein Verfahren geeinigt hat.

Zusammenfassung

Schon seit Jahrhunderten ist die Technik der Riefel- oder Lamellenbilder bekannt, mit der zwei oder drei Bilder in ein Bild zusammengefasst werden. Mit der Linsenrastertechnik kann man heute bis zu dreißig unterschiedliche Bilder in eine ebene Druckvorlage unterbringen. Damit lassen sich Wechselbilder, 3D-Bilder, ja sogar kleine Videosequenzen realisieren. Linsenraster bestehen aus einer Anordnung von parallelen Zylinderlinsen.

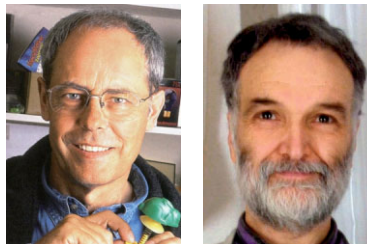
Stichwörter

Riefelbilder, Lamellenbilder, Linsenraster, Linsenrasterbilder, Wackelbilder, Zylinderlinsen, 3D-Bilder, Morphing-Effekt, Zoom-Effekt.

Literatur

- [1] www.benedikt-seidl.de/pages/lamellenbild.php
- [2] E. Krumm, Praxis der Naturwissenschaften **1969**, 78, 118.
- [3] G. Koppelman, Der Physikunterricht **1980**, 7, 84.
- [4] www.supermotion.de
- [5] www.3d-easy.de
- [6] F. E. Ives, U.S. patent 725,567 Parallax-Stereogram, 1903.

Die Autoren



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

Anschriften

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