

■ 3D ohne Brille

Nach 3D-Kinofilmen und -Fernsehern kommen erste Produkte mit autostereoskopischen Displays auf den Markt, bei denen keine Brille notwendig ist.

1) vgl. Physik Journal, Dezember 2009, S. 52

Fast zehn Millionen Flachbildfernseher gingen 2010 über die Ladentheke – laut Gesellschaft für Konsumforschung waren 178 000 davon 3D-Fernseher. Das ist zwar nur ein geringer Anteil, aber dank Kinofilmen in 3D und fallenden Preisen stoßen 3D-Geräte auf wachsendes Interesse. Für den räumlichen Fernsehgenuss muss der Zuschauer jedoch eine Spezialbrille tragen, welche die Bildkanäle für das linke und rechte Auge trennt.¹⁾ Doch schon schiebt die Industrie erste Produkte in den Markt, die ein 3D-Erlebnis ohne eine solche Brille versprechen. Im Frühjahr kam in Deutschland die erste autostereoskopische mobile Spielkonsole auf den Markt, im Sommer folgten Smartphones und Notebooks, in Japan gibt es auch entsprechende Fernsehgeräte mit kleinen Bild diagonalen, und in Städten wie Dubai oder Kairo stehen großflächige Werbedisplays an Flughäfen, deren 3D-Effekt ebenfalls ohne Brille wahrzunehmen ist.

Solche autostereoskopischen Displays sind keineswegs neu: Bereits in den 1980er-Jahren gab es in der Forschung entsprechende Bildschirme, um komplexe Daten zu visualisieren. Doch erst in der jüngsten Zeit sind die dahinter stehenden 3D-Verfahren in puncto Soft- und Hardware so weit gediehen, dass autostereoskopische Displays zumindest punktuell im Alltag angekommen sind.

Diese Displays haben die Kanaltrennung sozusagen integriert: Optische Elemente auf der Bildschirmoberfläche, wie Parallaxenbarrieren oder Linsenraster, sorgen dafür, dass der Betrachter mit jedem Auge unterschiedliche Ansichten einer Szene sieht, die er dann als räumliches Bild wahrnimmt (Abb. 1). Die Parallaxenbarriere besteht aus vertikalen Streifen, die verhindern, dass das Display Licht unter bestimmten Winkeln emittiert (Abb. 1a). Eine solche Barriere besteht häufig aus einer zweiten



Am Flughafen Dubai dienen 3D-Werbeplakate als besonderer Blickfang. Am

besten entfalten sie ihre räumliche Wirkung aus etwa drei Metern Abstand.

Flüssigkristallschicht, die über der bilderzeugenden Flüssigkristallschicht des Displays liegt. Sind die Parallaxenbarriere und die Pixel des Displays richtig aufeinander abgestimmt, sieht der Betrachter mit dem linken und rechten Auge leicht unterschiedliche Ansichten einer Szenerie – vorausgesetzt, er befindet sich im richtigen Abstand zum Display. Die erforderlichen Ansichten für beide Augen lassen sich auch mit einem Linsenraster erzeugen (Abb. 1b). Dieses besteht aus parallel verlaufenden, vertikal angeordneten zylindrischen Mikrolinsen, die das Licht des Displays in verschiedene Richtungen brechen. Möglich wird das durch einen richtungsabhängigen Brechungsindex der einzelnen Linsen.

Farbiges 3D

Da es bei heutigen 3D-Displays immer um eine Vollfarbdarstellung geht, wirken Parallaxenbarriere oder Linsenraster auf Subpixel-Ebene – jedes Pixel eines Flüssigkristallbildschirms setzt sich aus roten, grünen und blauen Subpixel zusammen, die üblicherweise in sich wiederholenden vertikalen Streifen angeordnet sind. Über ein räumliches Multiplexing wird das emittierte Licht der Subpixel

für das linke und rechte Auge des Betrachters getrennt und für beide Richtungen wieder in seinen drei Grundfarben überlagert.

Die Zone, in der der Betrachter ein Bild problemlos räumlich sehen kann, ist relativ klein: Beim Nintendo 3DS sind es beispielsweise nur wenige Zentimeter. Schaut der Betrachter auf eine mobile Spielkonsole oder ein Smartphone, ist das unproblematisch, da er Kopf oder Augen kaum bewegt. Auch für spezielle Anwendungen in Medizin oder Forschung, wie z. B. zur Visualisierung von Tomografiedaten, stellen autostereoskopische Bildschirme mit nur zwei Ansichten kein Problem dar – zumal sich über eine kameragestützte Augenverfolgung die 3D-Ansicht rechnerisch ausreichend schnell an einen sich leicht verändernden Blickwinkel des Betrachters anpassen lässt. Da setzt primär der Preis Grenzen, der bei einer Spezialanwendung natürlich deutlich höher ausfallen darf als etwa bei einem Smartphone.

Soll ein autostereoskopisches Display dagegen eine größere Bild diagonale haben oder gleichzeitig für mehrere Betrachter geeignet sein, steigen die Anforderungen. Dann muss die Komfortzone der Displays – jener Tiefenbereich,

in dem räumliche Bilder ohne Wahrnehmungskonflikte zu sehen sind – deutlich größer ausfallen und auch weiter entfernt vom Bildschirm liegen. In solchen Fällen liefern Multiview-Displays gleichzeitig einen Satz von typisch fünf bis zehn Ansichten, die – über die Horizontale verteilt – jeweils mit einem etwas anderen Blickwinkel korrespondieren. Für verschiedene Blickrichtungen können die Augen eines Betrachters dadurch eine Szenerie unter unterschiedlichen Winkeln wahrnehmen, sie also wiederum räumlich sehen – selbst wenn der Betrachter Kopf oder Augen bewegt. Blickwinkel von zehn Grad sind heute gängig, mehrfach nebeneinander angeordnet.

Diese Bewegungsfreiheit erkauften sich die Hersteller allerdings mit sinkender Auflösung und Bildhelligkeit des Displays. Vor allem die Auflösung begrenzt das derzeit maximal Mögliche bei brillenlosen 3D-Flachbildschirmen: Ein Monitor z. B. mit der Vierfachen HD-Auflösung (also $4 \times 1920 \times 1080$ Pixel) liegt preislich (noch) in Dimensionen, die seinen Einsatz in der Unterhaltungselektronik verhindern.

Geisterbilder und Lattenzäune

Die Autostereoskopie hat jedoch mit Bildartefakten zu kämpfen, die durch die 3D-Darstellung entstehen. Diese Artefakte kommen durch die Position des Betrachters zustande, durch das optische Element oder durch die dargestellten Inhalte. Diese Effekte sind teils

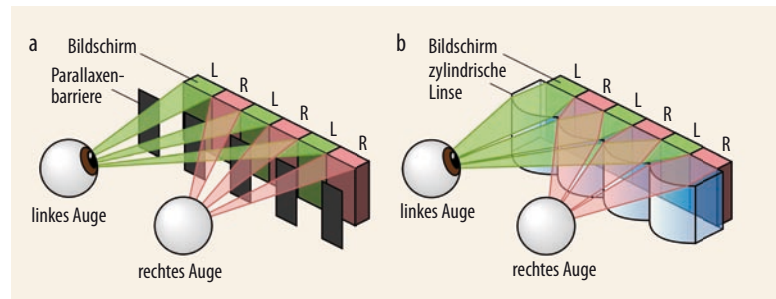


Abb. 1 Marktübliche autostereoskopische Flüssigkristalldisplays besitzen eine Parallaxenbarriere (a) oder ein Linsenraster

(b) als optisches Element. Es erzeugt die Ansichten für das linke bzw. rechte Auge des Betrachters auf Subpixel-Ebene.

gegenläufig, sodass ein Entwickler stets den besten Kompromiss für seine Anwendung finden muss.

Eine sog. Pseudo-Stereozone tritt auf, wenn ein Betrachter bei einem Multiview-Display einen Bereich verlässt, der z. B. horizontal in vier Ansichten aufgeteilt ist, und in den nächsten wechselt. Dann sieht er nach der vierten Ansicht im einen Bereich nämlich plötzlich die erste Ansicht im angrenzenden Bereich, was sich als unnatürlicher Sprung im 3D-Bild bemerkbar macht. Dieses Image-Flipping tritt auch auf, wenn die Ansichten innerhalb eines Bereichs sich zu stark voneinander unterscheiden: Dann entstehen keine kontinuierlichen Übergänge zwischen den einzelnen Stereoansichten, sondern Sprünge.

Beispiele für Artefakte durch Linsenraster oder Parallaxenbarriere sind Lattenzauneffekt und Geisterbilder. Beim Lattenzauneffekt kommt es zu Moiré-Mustern, weil die Frequenz der Abstände zwischen den Subpixeln des Displays und die räumliche Frequenz des optischen Elements in einem sol-

chen Verhältnis zueinander stehen, dass es nicht genug Abtastpunkte gibt: Für jede Richtung ist eine große Menge von Subpixeln einfach nicht sichtbar. Deshalb sind Parallaxenbarriere und Linsenraster meist leicht zur Vertikalen geneigt. Geisterbilder wiederum entstehen, weil ein geringer Teil des Lichts, das für das linke Auge gedacht war, auch ins rechte fällt. Diese Geisterbilder müssen nicht im gesamten 3D-Bild erkennbar sein, sondern z. B. nur dort, wo sich das Bild am stärksten von der Displayoberfläche abhebt.

Bei autostereoskopischen Displays ist künftig mit einigen Entwicklungssprüngen zu rechnen. Allerdings hängt das räumliche Sehen ohne Brille auch vom Betrachter ab: Mag ein Display für den einen ideal sein, hat ein anderer womöglich große Schwierigkeiten damit. Grund dafür sind physiologische Besonderheiten eines jeden Menschen, z. B. unterschiedliche Augenabstände oder die spezifische Signalverarbeitung des Gehirns.²⁾

Michael Vogel

2) Ich danke Rainer Duda von der Tridality AG, St. Georgen, und Peter Kauff vom Fraunhofer-Heinrich-Hertz-Institut, Berlin, für hilfreiche Erläuterungen.

Michael Vogel,
vogel_m@gmx.de