

■ Knick in der Optik

Teleskopische Kontaktlinsen helfen Patienten mit Makuladegeneration.

Die altersbedingte Makuladegeneration ist in den westlichen Industriestaaten die häufigste Ursache für das Erblinden Älterer. Weil zentrale Bereiche der Netzhaut geschädigt sind, sehen die Betroffenen in der Mitte des Gesichtsfeldes nichts mehr. Mit der Zeit lernen die Betroffenen, noch intakte Netzhautbereiche als „neues Zentrum“ zum Fixieren zu verwenden. Nur haben diese Be-



Bilder, wie sie das Modellauge sieht (von links): mit voll funktionsfähigem Auge, mit Kontaktlinse und beiden optischen Wegen bzw. nur mit dem vergrößerten optischen Weg. Im mittleren Bild führt die Überlagerung der beiden optischen Wege zu einem reduzierten Kontrast.

reiche keine so gute Auflösung wie die Netzhautmitte (Foveola). Neben einer therapeutischen Behandlung helfen dann (vergrößernde) Sehhilfen. Allerdings erfordern diese ein Implantat im Auge oder sind als Brillen mit integrierten Teleskopen sehr sperrig. Wissenschaftler der US-amerikanischen University of California San Diego in La Jolla und der Schweizer École Polytechnique Fédérale de Lausanne haben nun die Machbarkeitsstudie für eine Kontaktlinse vorgestellt, die als alternative Sehhilfe dienen könnte.¹⁾

Die Kontaktlinse verfügt über zwei voneinander unabhängige optische Wege, um zwischen normaler und vergrößerter Ansicht umschalten zu können. Der vergrößernde optische Weg entlang des Randbereichs der Linse enthält wie bei einer Fresnel-Zonenplatte eine Anordnung aus positiv und negativ gekrümmten konzentrischen Reflektoren, um im Auge eine 2,8-fache Vergrößerung zu erreichen. Dagegen liefert der zentrale Bereich der Linse ein unvergrößertes Bild. Mit einer umgebauten Brille für 3D-Fernseher lässt sich zwischen den beiden optischen Wegen umschalten.

Die Kontaktlinse besteht aus Polymethylmethacrylat (PMMA). In die nur einen Millimeter dicke Linse schnitten die Forscher in den Randbereich Furchen so hinein, dass sie einerseits die gewünschte Vergrößerung erzielten und andererseits die Abbildungsfehler minimierten. Tests an einem standardisierten Modell des menschlichen Auges verliefen erfolgreich. Bis zum medizinischen Einsatz ist es allerdings noch weit. Da PMMA gasundurchlässig ist, eignet es sich nicht als Material für eine dauerhaft getragene Kontaktlinse. Daher experimentieren die Wissenschaftler nun mit anderen Kunststoffen.

■ Wellenleiter sei Dank

Neue Modulatortechnologie beseitigt mehrere Schwächen holografischer Displays.

Für spezielle Anwendungen, etwa in der Medizin, gibt es heute bereits holografische Bildschirme. Die Displaygrößen und Blickwinkel sind allerdings gering. Da jeder holografische Bildschirm räumliche Modulatoren für Licht verwendet (SLMs), sind diese ein Ansatzpunkt, um die Displays zu verbessern. Eine bekannte Möglichkeit ist die akustooptische Modulation des Lichts. Wissenschaftler des Massachusetts Institute of Technology (MIT) haben die Idee nun mit einer anderen Technologie wieder aufgegriffen.²⁾ Sie verwenden als SLMs statt teurer Einkristalle anisotrope Wellenleiter aus Lithiumniobat.

In die Wellenleiter koppeln die Forscher ein Radiosignal ein, das sich als akustische Wellen ausbreitet. Dem Signal haben sie zuvor die holografische Bildinformation bei drei Frequenzen – für die Farben

Rot, Grün und Blau – aufgeprägt. Wenn die Wissenschaftler nun Laserlicht durch den Wellenleiter schicken, koppelt dieses mit den akustischen Wellen und überträgt so die Bildinformation. Die austretenden Lichtpulse sind polarisiert und tragen die Information für jeweils ein holografisches Pixel.

Im Vergleich zu Modulatoren holografischer Bildschirme, die mit Flüssigkristalldisplays und mikroelektromechanischen Systemen arbeiten, hat der MIT-Ansatz Vorteile: Er unterbindet verschiedene Bildartefakte, hat eine zehnmal höhere Pixelrate, ermöglicht einen relativ großen Blickwinkel von 25° und ist skalierbar. Hinzu kommt, dass sich die Wellenleiter lithografisch fertigen lassen. Die Forscher haben bislang Labormuster mit 40 Kanälen (Wellenleitern) für die Bild Darstellung verwendet und Modulatoren mit bis zu 1250 Kanälen gefertigt. Allerdings schafft das 40-Kanal-System nur Bildwiederholraten von 5 Hz. Die Wissenschaftler sind aber überzeugt, dass sich mit diesem Ansatz, einem PC und einem Satz High-end-Grafikkarten ein Farbdisplay mit 30 Hz Bildwiederholrate für unter 500 US-Dollar fertigen ließe – Laserlichtquellen und Projektionsfläche nicht mit eingerechnet.

■ Loch statt Linse

Ein Blenden-Array und ein Sensor mit einem Pixel genügen für eine Kamera.

Die Rechenleistung heutiger Computer eröffnet Ansätze in der Optik, die früher am Aufwand für die Bildrekonstruktion scheiterten. Forscher der zu Alcatel Lucent gehörenden Bell Labs in den USA haben nun das Labormuster einer linsenfreien Kamera vorgestellt, die ein Bild anhand des Lichts aufnimmt, das durch eine Blendenanordnung fällt. Der eigentliche Sensor besteht aus einem einzigen Farbpixel. Jede Blende des Arrays lässt sich einzeln öffnen oder schließen. Würde man nun immer nur eine Blende öffnen, wären für ein Bild so viele Messungen erforderlich, wie es Blenden in der Anordnung gibt.



Aufnahme eines holografischen Stereogramms, das mit den neuen Modulatoren erzeugt worden ist.

1) E. J. Tremblay et al., Opt. Express 21, 15980 (2013)

2) D. E. Smalley et al., Nature 498, 313 (2013)

Die Forscher gehen jedoch einen anderen Weg. Sie bedienen sich eines Verfahrens aus der Signalverarbeitung, des Compressive Sensing. Mit ihm lässt sich ein Bild mit akzeptablen Qualitätseinbußen aus unvollständigen Informationen rekonstruieren. Dabei verwenden die Forscher ein pseudozufälliges Muster geöffneter und geschlossener Blenden und messen jeweils die resultierende Intensität mit dem Sensor. Technisch umgesetzt haben sie das Konzept mit einem monochromen Flüssigkristalldisplay, das über 65 000 Pixel verfügt. Jedes Pixel steht für eine Blende. Um verschiedene Gegenstände abzubilden, genügt zwischen einem Achtel und einem Viertel der Einzelmessungen, die mit einer konventionellen Kamera erforderlich wären, wenn man bei ihr jedes Pixel als eine Messung auffasst. Als Anwendungen sehen die Forscher Überwachungskameras, bei denen es auf Veränderungen im Bild ankommt, oder Kameras bei nichtoptischen Wellenlängen, deren Sensoren sehr teuer sind.

Allerdings ist das Verfahren wegen des hohen Rechenaufwands bislang sehr langsam – ein Bild zu machen, dauert mehrere Minuten bis zu einer Stunde. Beschleunigen ließe sich das durch ein Blenden-Array aus mikro-elektromechanischen Elementen, allerdings reicht dann womöglich die Lichtmenge nicht mehr aus. Ein Forscherteam der Rice University in Texas verwendet daher Mikrolinsen für seine Ein-Pixel-Kamera, die ansonsten nach demselben Schema funktioniert.

■ Die Blutdruck-Uhr

Dank Piezosensorik lassen sich Messgeräte miniaturisieren.

Bluthochdruck ist eine Volkskrankheit geworden. Obwohl Betroffene ihren Blutdruck regelmäßig kontrollieren sollten, tut dies laut der Weltgesundheitsorganisation nicht einmal jeder Zweite. In einem gemeinsamen Projekt der Schweizer Firma STBL Medical Research und der Materialforschungseinrichtung EMPA entwickeln Forscher daher ein Messgerät, das sich wie eine Uhr



Prototyp des Blutdruckmonitors mit einem Band aus piezo-resistiven Fasern.

tragen lässt und eine Messgenauigkeit erreicht, die mit klassischen 24-Stunden-Blutdruckmessgeräten vergleichbar ist. Das Gerät nutzt dafür die Druckwellen aus, die sich durch die Herztätigkeit in den Arterien ausbilden. Der Prototyp misst sie anhand der Verformung des Gewebes am Handgelenk.

Das Gerät sieht wie eine Armbanduhr aus. An seiner Unterseite befinden sich piezo-resistive Drucksensoren, die jeweils über Stempel an die Haut angekoppelt werden. Diese sind so ausgelegt, dass sie die Haut minimal eindrücken, um letztlich über eine Kraftmessung den Blutdruckwert zu erfassen. Dies gelingt nur, wenn der Stempelandruck kontrolliert erfolgt – kein einfaches Unterfangen, wenn der Träger des Geräts den Arm bewegt. Daher gibt es ständig zwei Kontrollmessungen: Einerseits lassen sich über den gekürzten Stempel eines Sensors bei Abweichungen von der richtigen Andruckkraft die Messwerte der anderen Sensoren über einen Algorithmus korrigieren. Andererseits kontrolliert das Armband über seine Dehnung den Druck, den das Gerät auf den Arm ausübt. Dazu haben die Projektbeteiligten an das Armband piezo-resistive Fasern angebracht. Sie bestehen aus einem Polymer-Compound mit Kohlefasern, durch die ein elektrischer Strom fließt. Wird das Band am Handgelenk gedehnt, ändert sich der Widerstand der Fasern.

Die Blutdruck-Uhr erreicht derzeit eine Genauigkeit von ± 10 mm Hg, ähnlich wie konventionelle Blutdruckmessgeräte. Die Projektbeteiligten gehen davon aus, dass der Monitor als Produkt nur einen Bruchteil von klinischen 24-Stunden-Messgeräten kosten wird.

Michael Vogel