

■ Filigran und feinfühlig

Ein hauchdünner Magnetfeldsensor dient als Mensch-Maschine-Schnittstelle.

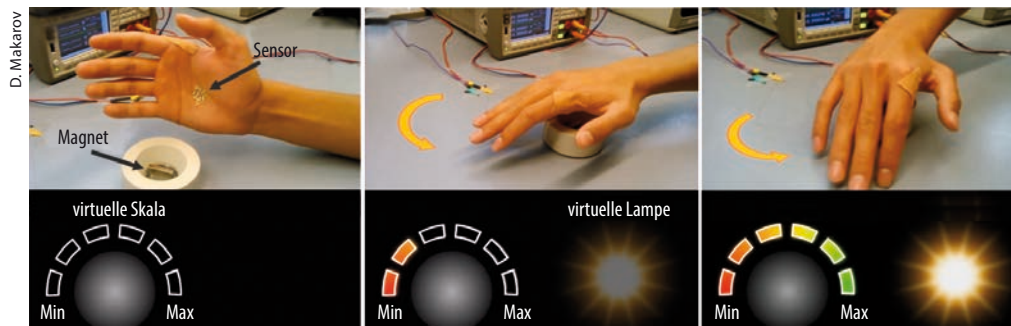
Systeme für die virtuelle oder erweiterte Realität beruhen meist auf der optischen Erkennung von Körperbewegungen. Hierfür sind Kameras, Beschleunigungs- und Drehwinkelsensoren erforderlich – und viel Rechenleistung. Trotz-

Schutzschicht für die Spinventile dient das Polymer PDMS. Insgesamt ist der Sensor nur knapp 6 μm dick und flexibel.

Das Feld des Permanentmagneten muss etwa 5 mT groß sein. Ziel ist jedoch die Ausnutzung des Erdmagnetfelds, wofür der Sensor um drei Größenordnungen empfindlicher sein muss. Künftige Anwendungen könnten in Robotik, Medizin, Sport und Spiel liegen.

dehnt diese sich aus. Das detektieren die Forscher mit einer zweiten Gitterstruktur: Sie ist so über der ersten platziert, dass das Licht einer LED nicht hindurchscheint. Befindet sich der Sensor aber in einem elektrischen Feld, dehnt sich die Feder, und Licht fällt durch die entstehenden Öffnungen. Nach einer Kalibrierung lässt sich daraus die Feldstärke ableiten.

Die Forscher haben Auflösungen von rund $100 \text{ V m}^{-1} \text{ Hz}^{-1/2}$ erreicht – in einem Messbereich, der sich bis zu einigen Zehn Kilovolt pro Meter bei Feldfrequenzen unterhalb von 300 Hz erstreckt. Das sind bereits konkurrenzfähige Werte. Ein optimierter Sensor könnte eine Auflösung von $1 \text{ V m}^{-1} \text{ Hz}^{-1/2}$ erzielen. Seine Temperaturabhängigkeit ist kompensierbar. Optik und Elektronik für die Auslese lassen sich bei einer Anbindung über Lichtleiter ebenfalls temperaturstabilisieren.



Mit dem Magnetfeldsensor lässt sich eine virtuelle Lampe dimmen.

dem ist die Auflösung nicht hoch genug, um zum Beispiel feinere Bewegungen auszunutzen. Mehr noch: Sperrige Virtual-Reality-Brillen und -Handschuhe limitieren häufig den Einsatz der Technologie. Wissenschaftler des Helmholtz-Zentrums Dresden-Rossendorf, des Leibniz-Instituts für Festkörper- und Werkstofforschung sowie der Universität Linz haben daher eine neue Mensch-Maschine-Schnittstelle entwickelt, die hauchdünn ist und feine Bewegungen über Magnetfeldsensoren detektiert.¹⁾

Die Schnittstelle nutzt einen zweidimensionalen Magnetfeldsensor, um Handbewegungen in einem Permanentmagnetfeld zu erfassen. Die Projektbeteiligten demonstrierten verschiedene Szenarien wie das Drehen eines virtuellen Knopfs oder das Drücken virtueller Tasten. Dafür war kein optisches Tracking erforderlich, nur die Detektion im Feld des Permanentmagneten. Sie erfolgte mit Spinventilen – Magnetschalter, deren Funktionsweise auf dem Riesenmagnetowiderstand beruht. Acht dieser Ventile waren als zwei Wheatstone-Brücken auf einer neu entwickelten Polymerfolie angeordnet. Die Folie ist nur 1,7 μm dünn, übersteht aber Bearbeitungstemperaturen bis 300 °C unbeschadet. Als

■ Chip statt Apparat

Ein MEMS-Sensor misst elektrische Feldstärken, ohne sie zu verfälschen.

Messungen von elektrischen Feldstärken sind bei Raketenstarts, in der Blitzforschung oder beim persönlichen Arbeitsschutz im Bereich von Hochspannungsleitungen wichtig. Dafür gibt es zahlreiche Verfahren und Geräte. Trotzdem bleiben die Messungen schwierig, und die Ausrüstung ist oft sperrig. Häufig stören etwa einzelne Komponenten der Geräte die Messung, weil sich Oberflächenladungen ausbilden. Verschärft wird dieses Problem, wenn eine Erdung nötig ist. Elektrooptische Sensoren wiederum sind stark temperaturabhängig. Wissenschaftler der TU Wien und der Universität Krems haben nun einen MEMS-Sensor auf Siliziumbasis entwickelt, der viele dieser Probleme nicht hat und zudem massenfertigungstauglich ist.²⁾

Das Messprinzip ist recht einfach und nutzt die Influenz aus. Eine Gitterstruktur ist im Sensorschwingungsfähig aufgehängt. Gelangt sie in ein elektrisches Feld, bilden sich an der Oberfläche entgegengesetzt geladene Bereiche aus. Da die Bereiche durch eine winzige leitfähige Feder getrennt sind,

■ Prinzessin Leia lässt grüßen

Ein volumetrisches Display mit optischer Falle ist weitgehend blickwinkelunabhängig.

Star Wars-ähnliche dreidimensionale Bildarstellungen beflügeln die Fantasie von Wissenschaftlern. Ein Ansatz sind Hologramme, bei denen der Betrachtungswinkel allerdings stark eingeschränkt ist. Anders bei volumetrischen Displays: Bei ihnen wird eine transparente Projektionsfläche so schnell zyklisch durch ein definiertes Volumen bewegt, dass der Betrachter einen räumlichen Eindruck gewinnt. Die Bewegung der Fläche kann eine Translation oder eine Rotation sein. Alternativ lässt sich ein volumetrisches Display durch die kontrollierte Bewegung eines Partikels im Raum erzeugen, das gezielt von einem Laserstrahl beleuchtet wird. Diesen Weg haben Wissenschaftler der amerikanischen Brigham Young University in Provo (Utah) gewählt.³⁾

Sie erzeugen mit einem UV-Laser in Luft eine optische Falle, in der sie ein Teilchen mit mindestens 10 μm Durchmesser mithilfe des

1) G. Santiago et al., Sci. Adv. 4, eaao2623 (2018)

2) A. Kainz et al., Nat. Electronics, doi:10.1038/s41928-017-0009-5

3) D. Smalley et al., Nature, doi:10.1038/nature25176

photophoretischen Effekts einsperren. Mit dem Laserstrahl bewegen sie das Teilchen durch die Falle und rastern das Volumen ab. Dabei beleuchten sie das Teilchen an den passenden Positionen mit rotem, grünem oder blauem Laserlicht.

Der Demonstrator erreicht in einem pyramidenförmigen Volumen – Grundfläche 25 cm^2 , Höhe $2,5\text{ cm}$ – bei fünf Milliarden adres-



Projektor und projiziertes Bild eines volumetrischen Displays mit optischer Falle.

sierbaren Punkten eine maximale Bildauflösung von 1600 dpi. Der Farbumfang ist erstaunlich. Um die Bilder sichtbar zu machen, mussten sie jedoch mit Belichtungszeiten von einigen zehn Sekunden abfotografiert werden.

Für größere volumetrische Displays bedarf es einer Parallelisierung, also mehrerer Partikel. Die Forscher haben abgeschätzt, dass bei einer zweidimensionalen Anordnung der Partikel mit der maximalen Partikelgeschwindigkeit von gut 1800 mm/s ein etwa 180 mm hohes Bild machbar wäre. Die Wiederholrate läge dann bei 10 Hz .

Die Membran besteht aus einer $20\text{ }\mu\text{m}$ dünnen, perforierten Polymerfolie, deren Löcher Durchmesser von rund 100 nm haben. Auf ihr sind beidseitig dünne Goldschichten als Elektroden aufgetragen. Liegt eine Spannung von $0,5\text{ V}$ an, wandern die im Schweiß befindlichen Salzionen – und mit ihnen die Wassermoleküle – durch die Poren hindurch. Damit das klappt, mussten die Forscher das Strömungsprofil der Poren so modifizieren, dass sich über den gesamten Querschnitt eines Kanals eine gleichmäßige Geschwindigkeit in der Flüssigkeit ausbildet. Erreicht haben sie das mit funktionalen Gruppen an den Kanalwänden, durch die sich eine Ladungsdoppelschicht ausbildet. Sie verhindert, dass die Strömungsgeschwindigkeit dort auf null sinkt.

Die Membran erreicht eine Transportleistung von $10\text{ l m}^{-1}\text{ h}^{-1}$. Das klappt allerdings nur mit Flüssigkeiten, nicht mit Wasserdampf. Für eine Integration in eine Jacke wird die Membran zwischen Textilschichten laminiert. Im Prototyp verlaufen diese insgesamt jeweils DIN A4-großen Bereiche von den Schultern bis zum mittleren Rücken. Die Stromversorgung erfolgt über einen Akku, der für zwei Tage auf der Piste ausreicht. Osmotex will bereits in der Saison 2018/19 Jacken mit der Technologie auf den Markt bringen.

Michael Vogel

■ Mehr als atmungsaktiv

Dank Elektro-Osmose hält eine Funktionsjacke den Körper warm und trocken.

Auch moderne Kleidung mit atmungsaktiven Membranen verhindert nicht, dass man beim Sport ins Schwitzen kommt. Eine wärmende Jacke wird dann rasch sehr feucht. Die Schweizer Empa in St. Gallen hat nun zusammen mit der Thalwiler Firma Osmotex den Prototypen einer Funktionsjacke entwickelt, der die Elektro-Osmose ausnutzt, um ein angenehmeres Mikroklima aufrechtzuerhalten.



Der Prototyp der elektro-osmotischen Jacke ist bereits auf Messen zu sehen.