

■ Gekrümmt empfindlich

Flexible Hall-Sensoren passen sich gekrümmten Flächen an und tragen wenig auf.

Flexible Elektronik ist bekanntlich einer der Trends bei der Entwicklung von IT-Systemen, Haushaltsgeräten und Unterhaltungselektronik. Zum Beispiel kann flexible Elektronik integriert in Textilien



Mit dem flexiblen Hall-Sensor lassen sich Fingerbewegungen detektieren.

oder medizintechnische Produkte deren Funktionsumfang erweitern, ohne dass sich die elastischen Eigenschaften der Produkte dadurch verändern. Wissenschaftler des Leibniz-Instituts für Festkörper- und Werkstofforschung Dresden und der TU Dresden haben nun mit Kollegen aus Linz, Krakau und dem chinesischen Suzhou flexible Hall-Sensoren entwickelt.¹⁾

Die Labormuster beruhen auf Bismut, das die Forscher mit gängigen Methoden der Mikroelektronikfertigung auf Kunststofffolien aufgebracht und strukturiert haben. Die Wahl fiel auf Bismut als Material, weil es den größten Hall-Koeffizienten und damit die größte Empfindlichkeit unter allen (Halb-)Metallen aufweist. Die Wissenschaftler ermittelten experimentell die optimale Schichtdicke für das Bismut und testeten die Verformbarkeit der Sensoren. Dazu krümmten sie die Sensoren bis auf Radien von 6 mm und maßen deren Empfindlichkeit. Nach 50 Wiederholungen bestimmten sie erneut die Empfindlichkeit der dann wieder planen Sensoren. Krümmungsradien bis herunter zu 8 mm wirkten sich nicht negativ aus. Bei kleineren Radien sank die Empfindlichkeit um etwa ein Ach-

tel, erreichte aber ihren ursprünglichen Wert, nachdem die Sensoren wieder plan waren.

Die Forscher zeigten, dass sich mit ihren Hall-Sensoren an Fingerspitze oder Handgelenk Bewegungen zuverlässig detektieren lassen. Neben Einzelsensoren fertigten sie auch lineare und zweidimensionale Hall-Sensorfelder auf kommerziell erhältlichen flexiblen Platinen.

Über Wearable Electronics hinaus gibt es für flexible Hall-Sensoren weitere Einsatzgebiete. Sie sind so dünn, dass sie sich zum Beispiel in den schmalen, gekrümmten Luftspalt von Elektromotoren zwischen Stator und Rotor einfügen lassen, um dort direkt das Magnetfeld zu messen. Dies ist interessant, um die Motoren weiter optimieren zu können. Konventionell gefertigte halbleiterbasierte Hall-Sensorik ist hierfür zu dick.

■ Lasertest für Reifegrad

Mit einem Speckle-Verfahren lässt sich der Reifegrad von Obst ermitteln.

Manche Früchte reifen weiter, auch wenn sie bereits geerntet worden sind. Beispiele für solche klimakterischen Früchte sind Äpfel oder Bananen. Für Obstbauern ist es wichtig, die Früchte zum richtigen Zeitpunkt zu ernten, damit sie trotz Lagerung, Transport und Auslage im Handel erst beim Verbraucher ihre maximale Reife erreichen. Viele der heute eingesetzten Tests schädigen aber entweder die Frucht oder sind nicht sehr zuverlässig, weil sie nur auf einer visuellen Inspektion beruhen. Die Idee, die Fruchtreife mit Hilfe von optischen Kohärenzverfahren zu überwachen, ist daher nicht neu. Forscher der libanesischen Saint Joseph University in Beirut und der französischen Université de Brest haben nun ein Laser-Speckle-Verfahren entwickelt, das eines Tages in einem mobilen Messgerät Obstbauern zur Verfügung stehen soll.²⁾

Erprobt haben die Wissenschaftler das Verfahren an Äpfeln

im Labor. Sie beleuchten dazu die Früchte mit einem Laserstrahl und detektieren das gestreute Licht mit einer linsenlosen CMOS-Kamera unter einem bestimmten Winkel. Wird kohärentes Licht von einer unebenen Oberfläche gestreut, so erzeugen die Streuzentren Lichtwellen unterschiedlicher Phase, die miteinander interferieren. Das zur Kamera gelangende Licht zeigt dann ein Muster mit zufällig verteilten Intensitätsmaxima und -minima: die Speckles. Dieses Muster verändert sich im Lauf der Fruchtreifung. Die Forscher konnten mit ihren Messungen zeigen, dass sich sowohl die Größe der Speckles als auch ihre zeitliche Korrelation zum Zeitpunkt der klimakterischen Reife stark verändern. Als Referenzmessung diente die gaschromatografische Bestimmung der Ethenkonzentration. Dieses Ethen geben klimakterische Früchte ab – am meisten zum Zeitpunkt ihrer Reife.

Im nächsten Schritt wollen die Wissenschaftler Monte-Carlo-Simulationen durchführen, um Veränderungen im Diffusionskoeffizienten und deren Auswirkungen auf die Absorption der Apfeloberfläche zu quantifizieren. Ziel ist es letztlich, die Speckle-Bilder zuverlässiger interpretieren zu können. Dieser Zusammenhang soll auch experimentell an Latexkugeln überprüft werden, die homogener als Früchte sind. So wollen die Forscher ihrem Ziel eines mobilen Messgeräts näherkommen und das Verfahren auch auf andere Früchte übertragen. Erste Experimente an Birnen zeigten zum Beispiel, dass deren Zuckergehalt mit dem zirkular polarisierten Anteil im gestreuten Licht korreliert.



Labora Aufbau für die Speckle-Messungen an Äpfeln

1) M. Melzer et al., Adv. Mater. 18.12.2014, DOI: 10.1002/adma.201405027

2) R. Nassif et al., Appl. Opt. 53, 8276 (2014)

■ Virtuell fühlen

Mit einem Ultraschallfeld werden virtuelle Objekte fühlbar.

Virtual-Reality-Anwendungen erreichen inzwischen eine Produktreife, die noch vor wenigen Jahren kaum vorstellbar war. Auch Displays, die 3D-Hologramme im Raum erzeugen können, haben das Star-Wars-Stadium bereits verlassen. Verglichen mit dieser visuellen Reife steht die Erzeugung von haptischen Eindrücken bei räumlichen virtuellen Objekten noch ganz am Anfang. Wissenschaftler der britischen University of Bristol haben nun ein System vorgestellt, mit dem sich die Konturen von dreidimensionalen virtuellen Objekten fühlen lassen.³⁾ Die Forscher entwickelten dazu existierende Ansätze deutlich weiter, um die Haptik realistischer zu machen.

Sie verwenden ein Feld aus 320 piezoelektrischen Transducern, das durch mehrere Treiberplatten gesteuert wird. Die Treiber liefern die



Durch den fokussierten Ultraschall entsteht die fühlbare Kontur einer virtuellen Kugel, die mit einem 3D-Display deckungsgleich zum haptisch erfassbaren Ultraschallfeld projiziert wird.

Steuersignale für die Amplitudenwerte und Phasenverzögerungen für jeden Transducer, damit das Feld insgesamt den Ultraschall so fokussiert, dass verschiedene geometrische Körper in einem Luftvolumen mit 10 cm mal 10 cm Grundfläche und 17 cm Höhe entstehen: Kegel, Kugel, Prisma, Pyramide und Würfel. Ein kommerziell erhältlicher Hand-Tracker registriert die Bewegung der Hand, mit der eine Testperson die virtuelle

Figur ertastet. Für das Erfühlen der 3D-Konturen zerlegt das System ein Modell der Hand in 16 Ebenen sowie in separate Polygone für Handfläche und Finger. Kommt es zur Berührung der echten Hand mit dem virtuellen Gegenstand, fokussiert das Transducer-Feld den Ultraschall entlang der „Berührungslinien“. Dies lässt sich dynamisch anpassen, um starke Krümmungen besser nachzubilden. Der Ultraschall wird zudem moduliert, damit die Haut einen ständigen Reiz erfährt.

Künftige Einsatzfelder ihrer Technologie sehen die Wissenschaftler in drei Bereichen: haptisches Feedback für Chirurgen, die Operationen anhand von CT-Volumenbildern planen, virtuelle Bedienelemente in Fahrzeugen, die dank eines haptischen Feedbacks ohne Sichtkontakt zu betätigen wären, sowie sehr viel realistischere Virtual-Reality-Anwendungen.

Michael Vogel

3) B. Long et al., ACM Transactions on Graphics 33 (2014)