

## ■ Sanft, aber fest

**Ein Vielzweckgreifer überträgt das Prinzip der Haftung von Geckofüßen auf 3D-Oberflächen.**

Das Greifen von komplexen 3D-Oberflächen – kontrolliert über die Adhäsion – ist für Anwendungen



Der Vielzweckgreifer hält zuverlässig ein Glasgefäß, eine Tasse, Kirschtomaten oder eine Folienverpackung.

in der Robotik, dem Transferdruck oder für Präzisionsfertungsverfahren interessant. Allerdings muss das Greifen so sanft erfolgen, dass unter leichtem Druck überall Kontakt zwischen Greifer und Oberfläche besteht. Gleichzeitig muss es so fest sein, dass auch schwere Lasten sich sicher halten lassen. Durch die Untersuchung der Hafteigenschaften des Geckos ist inzwischen recht gut verstanden, warum dieser allein dank der Adhäsion seiner Millionen Härchen an den Fußunterseiten an glatten Wänden klettern kann. Die technische Umsetzung dieses Prinzips erfordert eine Folie mit entsprechend strukturierter Oberfläche. Allerdings haftet eine solche Folie nicht mehr gut an gekrümmten Oberflächen, weil ihre Rückseite starr ist, die Last ungleichmäßig verteilt wird und dadurch die Kontaktfläche schrumpft.

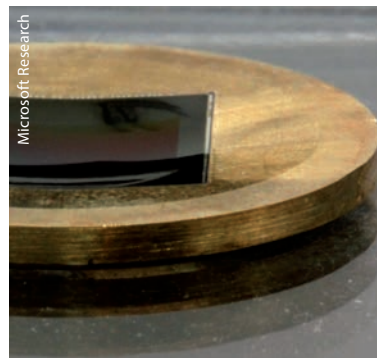
Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Intelligente Systeme in Stuttgart haben daher einen Greifer entwickelt, an dem eine flexible Membran befestigt ist.<sup>1)</sup> Diese Membran kann sich auch komplexen Oberflächenformen anpassen, wenn die Forscher im Innern des Greifers einen Unterdruck erzeugen. Selbst wenn sich die Oberflächenform während des Haltens ändert, kommt es nicht zu Flächenablösung. Das Labormuster erreicht bereits eine

Adhäsionskraft, welche die von ähnlichen Systemen ohne diese Art von Lastverteilung um einen Faktor 14 übertrifft. Der münzgroße Greifer konnte damit beispielsweise ein 300 Gramm schweres Glasgefäß oder eine 140 Gramm schwere Folienverpackung zuverlässig halten. Ein Patent ist beantragt.

## ■ Höhere Bildqualität

**Dank eines neuen Verfahrens lassen sich kommerziell erhältliche Sensoren krümmen.**

Vor rund 170 Jahren hat der deutsch-ungarische Mathematiker Josef Petzval nachgewiesen, dass reale optische Systeme die Objektebene auf eine gekrümmte Bildebene abbilden: Der Grad der Krümmung hängt von der Geometrie und vom Brechungsindex der optischen Elemente ab. Weil Bildsensoren meist plan sind, er-



Solche „Schalen“ dienen dazu, die dünnen CMOS-Bildsensoren zu verformen.

fordern viele optische Systeme aufwändige Designs, um die Bildfeldkrümmung zu reduzieren. Dabei belegen Untersuchungen, dass ein gekrümmter Bildsensor vorteilhaft für optische Systeme wäre: Ihre Länge sänke um das bis zu Siebenfache und ihr Gewicht um das bis zu 37-fache. Die Abbildungen wären kontrastreicher und würden einen weniger starken Randlichtabfall zeigen. Allerdings haben bisherige Versuche, plane Bildsensoren zu krümmen, deren Qualität und Funktionalität deutlich beeinträchtigt. Zudem sind Lithografiewerkzeuge für gekrümmte Flächen kommerziell noch nicht erhältlich.

Forscher von Microsoft in Redmond und den HRL Laboratories in Malibu haben nun ein Verfahren entwickelt, mit dem sich kommerziell erhältliche CMOS-Bildsensoren ohne Einbußen krümmen lassen.<sup>2)</sup> Sie haben umfangreiche Versuchsreihen durchgeführt, um ein numerisches Modell zu validieren und verschiedene Sensorkrümmungen zu simulieren. Die Sensoren wurden zunächst noch dünn gemacht und anschließend in einer Hohlform in die gewünschte neue Form gebracht. Entscheidend war dabei, dass die Ränder der Sensoren nicht fixiert waren – dies reduzierte mechanische Spannungen in ihnen deutlich.

Die Forscher haben eine Kamera mit einem gekrümmten Bildsensor und einer Blende von 1,2 gebaut. Sie verglichen die Bildqualität ihres Demonstrators mit der einer mehrere Jahre alten Profi-Spiegelreflexkamera bei gleicher Objektiveblende: Der Demonstrator war der Markenkamera überlegen, zum Teil sogar sehr deutlich.

## ■ Unter die Haut

**Mit einem neuartigen Gewebescanner lässt sich Schuppenflechte hochaufgelöst untersuchen.**

Von der Schuppenflechte, einer entzündlichen Hautkrankheit, sind in der EU schätzungsweise zehn bis 15 Millionen Menschen betroffen. Derzeit beurteilen Ärzte die Schwere der Erkrankung allein anhand der Rötung der Hautoberfläche und der Dicke der Hautschuppen. Die Struktur der Haut und der Gefäße spielen bei dieser Analyse keine Rolle. Das wollen Wissenschaftler des Helmholtz Zentrums München und der TU München nun gemeinsam ändern. Sie haben ein Gerät entwickelt, mit dem sie das Gewebe bis zur Lederhaut nichtinvasiv untersuchen können.<sup>3)</sup>

Dazu nutzen sie die optoakustische Mesoskopie. Dabei erwärmen schwache, nanosekundenkurze Laserpulse kurzfristig das Gewebe, das daraufhin Ultraschallwellen erzeugt, die ein Ener-

1) S. Song et al., PNAS, doi:10.1073/pnas.1620344114

2) B. Guenter et al., Opt. Express 25, 13010 (2017)

3) J. Aguirre et al., Nat. Biomed. Eng., doi:10.1038/s41551-017-0068

4) A. Dominguez-Lopez et al., Opt. Lett. 42, 1903 (2017)

giewandler erfasst. Dazu kommt ein Lithium-Niobat-Kristall zum Einsatz, der die Ultraschallwellen mit einer großen numerischen Apertur von mehr als  $60^\circ$  in einem weiten Frequenzbereich zwischen 10 und 180 MHz nachweist. In Verbindung mit der Ortsinformation



Der Gewebescanner bildet die Haut unter der Oberfläche ab.

rekonstruieren die Forscher aus diesen Messdaten tomografische Bilder. Mit dem Verfahren lässt sich die Ober- und Lederhaut mit Gefäßen darstellen.

Die Wissenschaftler haben das Gerät als Handscanner entwickelt und bereits an Patienten mit Schuppenflechte erprobt. Der Scanner bildet die Haut mit einer Empfindlichkeit ab, die mit der eines konfokalen Lasermikroskops vergleichbar ist, und erreicht eine ähnliche Eindringtiefe wie die Sonografie. Die Qualität der abgebildeten Informationen ist mit der von histologischen Befunden vergleichbar. Die Forscher beabsichtigen, das Bildgebungsverfahren auf weitere Untersuchungen auszuweiten, etwa auf Hautkrebs oder Diabetes.

## ■ Filigrane Lichtspiele

### Ein faseroptischer Sensor arbeitet schnell und hochauflösend.

Bauwerke wie Brücken, Dämme oder Bahnstrecken müssen regelmäßig auf strukturelle Veränderungen überprüft werden, die durch Verschiebungen im Gelände oder Erosion entstehen können. Das

ist inzwischen auch mit verteilten faseroptischen Sensoren möglich. Dazu ist es nötig, eine kilometerlange Faser in oder an kritischen Bereichen des Bauwerks zu verlegen. Eingestrahktes Laserlicht wird entlang der Faser geleitet, deren Material einen Teil des Lichts zurückstret. Mechanische Veränderungen oder Temperaturunterschiede an der Faser wirken sich auf das rückgestreute Signal aus. Um dies nachzuweisen, lässt sich beispielsweise der Brillouin-Anteil des zurückgestreuten Lichts analysieren, der durch die inelastische Streuung der Photonen an akustischen Phononen des Fasermaterials entsteht.

Wissenschaftler der spanischen Universität Alcalá und der École Polytechnique Fédérale de Lausanne in der Schweiz haben ein Verfahren weiterentwickelt, mit dem solche Messungen deutlich schneller möglich sind als bislang.<sup>4)</sup> Sie arbeiten dabei im Zeitbereich: Bei dem etablierten Verfahren (Brillouin Optical Time-Domain Analysis) wechselwirken zwei gegenläufige Signale miteinander – ein Laserpuls und ein kontinuierliches Lasersignal. So lässt sich die temperatur- und belastungsabhängige Antwort der Faser räumlich aufgelöst messen. Allerdings verzerrt das kontinuierliche Lasersignal den Laserpuls spektral und zeitlich stark, wenn die eingebrachte Leistung über ein gewisses Maß steigt, wie es bei den sehr langen Fasern aufgrund von Dämpfungsverlusten nötig wäre. Die Forscher umgehen das Problem, indem sie den spektralen Abstand zwischen den beiden Seitenbändern konstant halten, in denen gemessen wird. Gleichzeitig verändern sie die optische Frequenz des Pumpsignals, um die spektrale Antwort des Brillouin-Signals zu untersuchen. So erreichen sie bei einer zehn Kilometer langen Faser eine Million Messpunkte – innerhalb von zwanzig Minuten statt weit über einer Stunde.

Michael Vogel