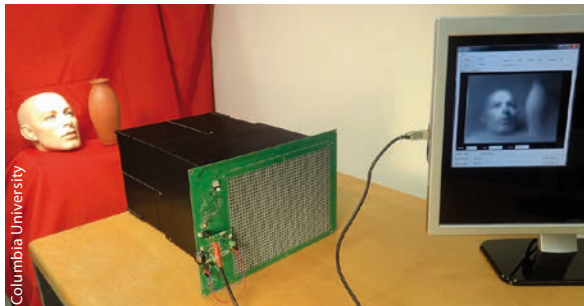


## ■ Knipsen ohne Akku

### Das Labormuster einer Videokamera funktioniert energieautark.

Die Digitalisierung hat die Bildgebung revolutioniert, und künftige Anwendungen wie Sensornetze oder am Körper getragene Systeme werden ihre Bedeutung weiter steigern. Für eine möglichst nahtlose Integration und Autarkie muss da-



Die energieautarke Kamera liefert Bewegtbilder in geringer Auflösung.

bei die Energieversorgung gewährleistet sein. Verschiedene Forschergruppen haben daher Labormuster von Bildsensoren entwickelt, die sich per „Energieernte“ betreiben lassen. Typische Lösungen waren mehr oder minder stark integrierte Kombinationen aus Bildsensor und Solarzelle. Wissenschaftler der Columbia University in New York haben diese Integration nun auf die Spitze getrieben: Sie kommen mit einem Array aus Photodioden aus, das pro Diode nur zwei Transistoren für das Auslesen des Bildes und das Ernten der Strahlungsenergie erfordert. So wird der lichtempfindliche Bereich des Bildsensors maximal.<sup>1)</sup>

Die lichtempfindlichen Elemente von aktuellen Bildsensoren und Solarzellen sind Photodioden, die bei Sensoren in Sperrrichtung betrieben werden, bei Solarzellen dagegen nicht. Die Wissenschaftler betreiben ihre Photodioden nun wie bei einer Solarzelle und nehmen dafür in Kauf, dass sie langsamer auf Lichteinfall reagieren. Das Labormuster der Kamera hat 30 mal 40 Pixel und nimmt jede Sekunde ein Bild mit etwa 15 ms Belichtungszeit auf. Während der restlichen Zeit lädt der Bildsensor einen Superkondensator, der wiederum genügend Energie für das folgende Auslesen eines Bildes liefert. Als Kameraoptik dient eine Fresnel-Linse mit 375 mm Brenn-

weite und einer Blende von 3,5. Bei guter Ausleuchtung in einem Raum (300 Lux) erreicht die energieautarke Kamera eine erstaunliche Bildqualität, die für einfache Sensoraufgaben ausreichen würde.

Die Forscher schätzen, dass ihr Ansatz genügend Energie für 210 mal 200 Pixel große Bilder liefern kann, wenn ein Bild pro Sekunde gemacht wird – oder eine höhere Auflösung bei geringerer Bildwiederholrate bzw. eine höhere Wiederholrate bei geringerer Auflösung.

## ■ Temperaturmessung mit Licht

### Photonische Thermometer lassen sich billig und stabil an Lichtleiter koppeln.

Platinwiderstände sind seit fast einem Jahrhundert das Maß der Dinge, wenn es um akkurate Temperaturmessungen im Bereich zwischen  $-200\text{ °C}$  und  $+1000\text{ °C}$  geht. Wissenschaftler am NIST arbeiten seit mehreren Jahren an einer Alternative, bei der die Temperatur optisch gemessen wird. Solche photonischen Thermometer wären robuster und kleiner sowie unempfindlich gegenüber elektromagnetischen Interferenzen. Ende 2014 konnten die NIST-Forscher zwei Labormuster vorstellen. Inzwischen haben sie ein Verfahren entwickelt, um die Thermometer an Lichtwellenleiter anzubinden. Dadurch wird der bisherige Laboraufbau, bei dem Licht aus Fasern über einen sehr

feinen Luftspalt ins Thermometer eingekoppelt wurde, erst flexibel einsetzbar.

Für die Ankopplung verwenden die Forscher kommerziell erhältliche Lichtleiter-Arrays, deren Querschnitt sie über Gitterkoppler um einen Faktor 2000 verkleinern, um das Licht möglichst verlustfrei in die winzigen Wellenleiter auf dem Thermometerchip zu bringen. Die Verbindungen sind geklebt und haben sich bislang zwischen 10 und  $80\text{ °C}$  als zuverlässig erwiesen. Nun gilt es, den untersuchten Temperaturbereich zu erweitern. Das Verfahren zur Ankopplung mehrerer Fasern ist günstig in einer Massenproduktion umsetzbar.

Optische Thermometer beruhen auf der Wechselwirkung des Lichts mit Strukturen, die in einen Chip geätzt wurden. Eines der NIST-Labormuster hat einen Wellenleiter mit einem Bragg-Gitter. Es wirkt für das einfallende Licht wie ein Filter, das nur bestimmte Wellenlängen durchlässt. Die Umgebungstemperatur legt fest, welche Wellenlängen das Gitter reflektiert. Ein anderes Labormuster verwendet statt des Bragg-Gitters einen photonischen Kristall: ein Siliziumstreifen, dessen Breite und Dicke weniger als ein Millionstel Meter betragen. In ihm befinden sich Löcher mit unterschiedlichen Durchmessern, die das Licht temperaturabhängig streuen.

## ■ Schneller detektiert

### Ein handliches Durchflusszytometer verkürzt die Analysezeit deutlich – auch außerhalb des Labors.

Die Durchflusszytometrie ist in den Lebenswissenschaften ein fester Bestandteil der Analytik. Sie erlaubt es beispielsweise, Zellen in einer Flüssigkeit so weit zu isolieren, dass sie sich beim Passieren eines fokussierten Laserstrahls anhand der Streu- oder Fluoreszenzstrahlung detektieren lassen. Typische Durchflusszytometer sind so groß wie eine Waschmaschine, kosten einen sechsstelligen Betrag und sind aufwändig zu kalibrieren. Zudem



Beispiel für ein photonisches Thermometer im neu entwickelten „Package“: Die Lichtleiter sind auf dem rund 9 mm mal 7 mm großen Chip aufgeklebt.

1) S. K. Nayar et al., IEEE International Conference on Computational Photography (ICCP), April 2015

2) M.-C. Lin et al., Nature 520, 325 (2015)

dauert die Analyse von wenige Milliliter großen Proben oft mehrere Stunden. Forscher des Fraunhofer-Instituts für Chemische Technologie ICT am Institutsteil IMM in Mainz haben ein Zytometer entwickelt, das in einen Schuhkarton passt und quasi autokalibrierend ist – es ließe sich deswegen auch außerhalb des Labors verwenden, etwa in Arztpraxen. Zudem arbeitet das Gerät um einen Faktor 20 schneller.

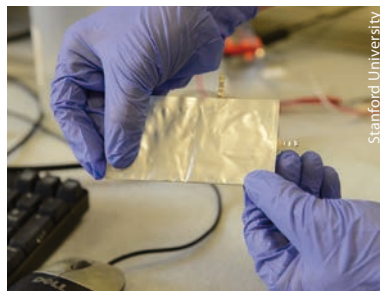
Entscheidend dafür waren zwei Entwicklungen: ein modifizierter Partikelstrom und eine modifizierte Anregungszone. Statt die Partikel in der zu untersuchenden Probe zu einem eindimensionalen Flüssigkeitsfaden mit etwa 10  $\mu\text{m}$  Durchmesser zu vereinzeln, ordnen die Forscher sie mit hydrodynamischen Mitteln zu einem zweidimensionalen Strom an, der etwa 500  $\mu\text{m}$  breit und 50  $\mu\text{m}$  hoch ist. So können pro Zeiteinheit mehr Partikel die Detektionszone passieren, ohne dass sie sich gegenseitig verdecken. Dies erfordert jedoch eine Anpassung des Laserfokus: Statt eines einzelnen Flecks passieren die Partikel eine Anregungszone von 1 mm Höhe, die aus einigen Dutzend parallelen Linienfokussen besteht. Mit Hilfe dieser räumlich modulierten Anregung lassen sich die Einzelprofile der Partikel aus den Detektionssignalen rekonstruieren.

Die Forscher haben bereits einen Demonstrator für die Sortierung von Tumorzellen gebaut. Derzeit arbeiten sie gemeinsam mit einem Unternehmen an einem zweiten Demonstrator, mit dem sich Legionellen detektieren lassen.

## ■ Aufgemöbelter Akku

**Ein Aluminium-Graphit-Akku erreicht dieselbe Energiedichte wie Nickelmetallhydrid-Akkus und eine sehr hohe Langzeitstabilität.**

Im Zuge der Energiewende und der Verbreitung mobiler elektronischer Systeme ist das Interesse an neuen Energiespeichern drastisch gewachsen. Während Lithium-Ionen-Akkus heute als das Maß für viele Anwendungen gelten, suchen



Das Labormuster des Aluminium-Ionen-Akkus lässt sich innerhalb von einer Minute laden.

Forscher weltweit nach besseren Alternativen. Seit drei Jahrzehnten gelten Aluminium-Ionen-Akkus als vielversprechende Kandidaten, allerdings sind bislang an anderen Technologien viel überzeugendere Fortschritte gelungen. Gemeinsam haben nun Wissenschaftler der kalifornischen Stanford University sowie mehrerer Forschungseinrichtungen aus Taiwan und China das Labormuster eines Aluminium-Ionen-Akkus<sup>2)</sup> vorgestellt, das interessante Eigenschaften aufweist: So waren in Tests bis zu 7500 Lade-Entlade-Zyklen bei fast vollständiger Ladungserhaltung möglich; die Stromdichten betragen bis zu 5000 mA/g. Das Labormuster erreicht Energiedichten, die in derselben Größenordnung liegen wie bei Blei- oder Nickelmetallhydrid-Akkus, sowie maximale Leistungsdichten, die mit denen von Superkondensatoren vergleichbar sind. Die Aussagen zu Energie- und Leistungsdichten beruhen auf Berechnungen, denen die gemessene spezifische Kapazität der Kathode von 65 mAh/g sowie die Masse der aktiven Materialien in Elektroden und Elektrolyt zugrunde lagen.

Laut den Forschern war für die vielversprechenden Ergebnisse vor allem ein geeignetes Kathodenmaterial maßgeblich. Die Wissenschaftler haben mit verschiedenen Formen von Graphit experimentiert. Ein dreidimensionaler Graphitschaum lieferte in Verbindung mit einer Aluminium-Anode und einer ionischen Flüssigkeit als Elektrolyt die besten Werte.

**Michael Vogel**