

1) D.J. Brady et al.,  
Nature **486**, 386 (2012)

2) I. Zanette et al., PNAS  
**109**, 10199 (2012)

3) O. Katz et al., Nature  
Photonics **6**, 549 (2012)

4) Physik Journal, Mai  
2012, S. 16

## ■ Giga- statt Megapixel

### Eine Kamera ermöglicht Bilder mit einer Milliarde Pixel.

Die Zahl der Pixel ist in der Digitalfotografie noch immer das Maß der Dinge. Hochwertige Spiegelreflexmodelle erreichen inzwischen über 20 Megapixel. Ein Forscherteam unter der Federführung der Duke University in Durham (North Carolina) stößt mit seiner „Aware-2“ getauften Kamera ins Reich der Gigapixel vor.<sup>1)</sup>

Die Kamera hat eine sphärische Linse mit 70 mm Brennweite und einem Öffnungsverhältnis von  $f/3,5$ . Um dieses Objektiv sind 98 Mikrokameras sphärisch angeordnet, von denen jede einen 14-Megapixel-Sensor besitzt. Die Mikrokameras erzeugen eine große virtuelle Bildebene. Die Radien von Objektivlinse sowie Halterung für die Mikrokameras besitzen denselben Mittelpunkt, was die optischen Abbildungsfehler minimiert. Die vierlinsigen Mikrokameras haben zudem asphärische Optiken aus Kunststoff. Die Gigapixel-Kamera hat eine Eintrittsöffnung von 16 mm und ein Bildfeld von  $120^\circ \times 50^\circ$ . Das Bauprinzip ist skalierbar.

AWARE-2 schafft drei Bilder pro Minute. Der Algorithmus für die Belichtungsautomatik passt die Belichtungszeit jeder einzelnen Mikrokamera so an, dass die

8-Bit-Dynamik der Bildsensoren am besten ausgenutzt wird. Beim Zusammensetzen der Einzelaufnahmen zum Gesamtbild werden die Belichtungseinstellungen mit den gemessenen Helligkeitswerten der Pixel so kombiniert, dass daraus eine Dynamik von 32 Bit resultiert.

Die Kamera wiegt knapp 100 kg. Schuld daran ist nicht die Optik, die nur drei Prozent des Volumens von rund einem viertel Kubikmeter einnimmt, sondern die Elektronik und das erforderliche Wärmemanagement. Anwendungen für Gigapixel-Kameras ergeben sich in der Überwachung, in der Weitwinkelmikroskopie und bei der Erfassung von Massenergebnissen, etwa in der Tierwelt oder bei Veranstaltungen.

## ■ Sanfteres Röntgen

### Ein Verfahren senkt die Strahlendosis bei der Röntgen-Gitter-Interferometrie, ohne Qualitätsverlust.

Die Röntgentechnik hat sich nicht zuletzt durch tomografische Verfahren stürmisch entwickelt. Biologie, Medizin, Materialwissenschaften, Qualitätssicherung und Paläontologie profitieren davon. Neue Technologien erfassen nicht nur die Absorption der Röntgenstrahlung, sondern auch weitere Wechselwirkungen mit dem untersuchten Material. Ein Beispiel ist die Gitter-Interferometrie mit Röntgenstrahlen, die periodische Mikrostrukturen nutzt. In Verbindung mit einem Röntgentomografen sind damit Schnittbilder und dreidimensionale Darstellungen des untersuchten Objekts mit hoher Auflösung möglich: Einerseits lassen sich noch geringe Dichteunterschiede von  $0,5 \text{ mg/cm}^3$  unterscheiden und andererseits die Präsenz von Streuzentren auf der Nanometerskala erfassen.

Einem Wissenschaftlerteam unter Federführung der TU München und der französischen Synchrotronstrahlungsquelle Soleil ist es nun gelungen, einen Nachteil der Röntgen-Gitter-Interferometrie zu beseitigen, der besonders für Medizin und Biologie relevant ist: Sie verkürzten die Messzeiten und

reduzierten damit die Dosis, ohne dass die Qualität der rekonstruierten Bilder darunter litt.<sup>2)</sup> Dazu bedienen sie sich des „Schiebefenster-Verfahrens“, das in analoger Form in der Magnetresonanztomografie verwendet wird.

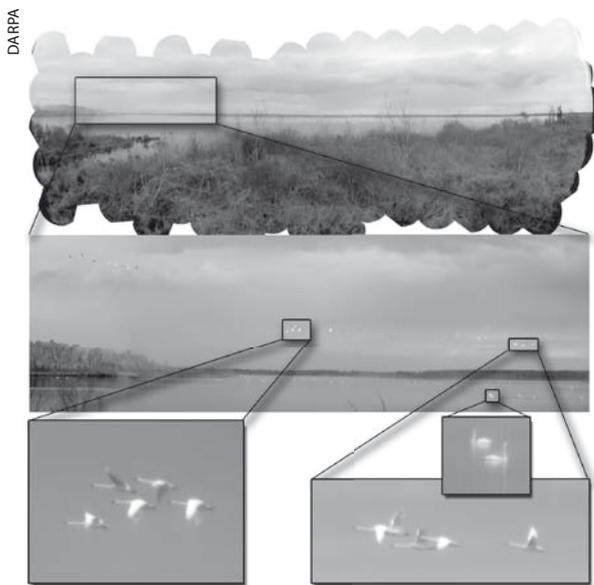
Bei der Gitter-Interferometrie nimmt man für gewöhnlich für jeden tomografischen Positionswinkel drei oder mehr Röntgenbilder auf, zwischen denen eine der verwendeten Gitter-Mikrostrukturen geringfügig bewegt wird. Durch eine geschickte Mehrfachverwertung der Scans bei der Bildrekonstruktion gelingt es den Forschern nun, die erforderliche Zahl der Scans deutlich zu senken: Mit einem einzigen Bild pro Projektionswinkel bekommen sie bereits Bilder zu allen drei Kontrastmodalitäten (Phase, Absorption und Streuung).

## ■ Verstecken zwecklos

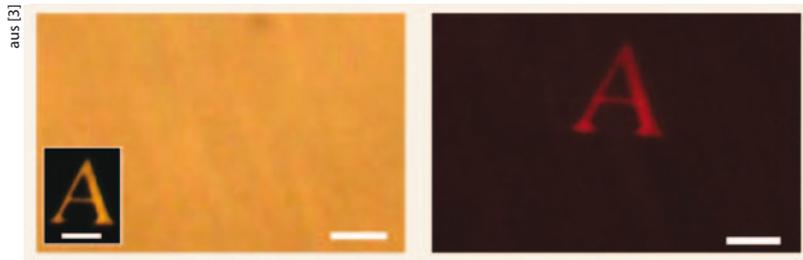
### Eine Methode, die auf inkohärentem Licht basiert, kann um die Ecke oder trübe Medien schauen.

Den Blick durch Wände und um Ecken ermöglichen Periskope nur sehr unzureichend. Israelische Wissenschaftler des Weizmann Institute of Science haben nun ein Verfahren entwickelt, mit dem man diesem Wunsch näher kommt.<sup>3)</sup> Erst kürzlich hatte eine Arbeitsgruppe am Massachusetts Institute of Technology gezeigt, wie man mit einem Laser als Beleuchtung und einer Time-of-Flight-Kamera ebenfalls um die Ecke schauen kann.<sup>4)</sup> Dagegen verwenden die israelischen Forscher inkohärentes Licht und einen SLM (Spatial Light Modulator). Mit ihrem Aufbau können sie nicht nur um die Ecke schauen, sondern auch durch dünne, trübe Materialien blicken. Künftige Anwendungen für ihr Verfahren sehen sie vor allem in der Medizin und Biologie.

Für den Blick durch trübe Materialien stellen die Wissenschaftler zwischen Objekt und Optik einen Diffusor, der als trübes Medium fungiert und das einfallende Licht stark streut. Zwischen Diffusor und Optik befindet sich der SLM,



Mit der AWARE-2-Kamera kann man viele Informationen mit einer Aufnahme erfassen. Das zeigen die Ausschnitte und deren Ausschnitte sehr eindrucksvoll.



Mit dem Versuchsaufbau der israelischen Forscher wird der ansonsten unsichtbare

Buchstabe A (links, Inset) hinter einem Diffusor sichtbar (rechts).

mit dem sich die Phase der auftretenden Wellen steuern lässt. Die Versuchsanordnung für den Blick um die Ecke ist sinngemäß die gleiche: Als diffuser Reflektor dient dabei ein Blatt Papier.

Läuft eine ebene Welle durch eine streuende Schicht, entsteht ein Speckle-Muster. Die Forscher machen sich nun zunutze, dass das Speckle-Muster sich nicht abrupt ändert, solange der Einfallswinkel der Welle sich nur in einem bestimmten Wertebereich ändert. Die Information über Phase und Amplitude der einfallenden Welle bleibt dann auf Skalen erhalten, die größer als die Dicke des diffus streuenden Hindernisses sind.

Die Stärken des Verfahrens sind nach Ansicht der Wissenschaftler seine Einfachheit und Echtzeitfähigkeit: Man benötigt keine kohärente Lichtquelle, keine Interferometrie, kein Abtasten und keine Bildrekonstruktion, die aufgrund des Rechenaufwands offline durchgeführt werden muss.

## ■ Magnetisch sortiert

**Ein magnetisches Durchflusszytometer vereinfacht den Workflow der Blutanalyse deutlich.**

Die optische Durchflusszytometrie spielt seit Jahrzehnten bei der Untersuchung von Zellen, Zellbestandteilen oder Bakterien in Biologie und Medizin eine wichtige Rolle. Ein Laser regt dabei die mit Fluoreszenzfarbstoffen markierte Probe beim Passieren einer Messküvette zur Emission an; das resultierende Fluoreszenzsignal ermöglicht Rückschlüsse auf die Probenbestandteile. Um jedoch eine für die Durchflusszytometrie geeignete Blutprobe

herzustellen, muss man im Labor viel Aufwand treiben, wenn sie spezifisch markiert werden soll. So kommt es, dass die optische Durchflusszytometrie, obwohl sie der „Goldstandard“ in der Zelluntersuchung ist, im klinischen Alltag kaum zum Einsatz kommt. Forscher von Siemens wollen das ändern.

Sie haben einen Weg gefunden, wie sich Blutzellen analysieren lassen, ohne dass sie das Blut zuvor aufwändig aufbereiten müssen. Die Blutzellen markieren sie spezifisch mit Antikörpern, die an superparamagnetische Nanopartikel angekoppelt sind. Das präparierte Blut wandert dann durch einen Kanal, in dem ein magnetisches Gradientenfeld wirkt, das die markierten Zellen anreichert und über einen Sensor einzeln nacheinander detektiert. Der Sensor nutzt den Riesenmagnetowiderstand (GMR), wie er bei Festplatten zum Lesen und Schreiben von Daten Standard ist.

Der Aufbau hat aber noch einen weiteren Vorteil: Die Forscher nutzen bei ihm die Magnetophorese, um die nicht gebundenen, überschüssigen Marker-Partikel in situ herauszufiltern. Das funktioniert, weil die Partikel zu klein sind, um im laminaren Fluss mitzuwandern. Die markierten, größeren Zellen hingegen durchlaufen die magnetophoretische Trennstrecke und werden dabei wie Perlen auf einer Kette ausgerichtet. Es besseres Signal-zu-Rausch-Verhältnis ist die Folge.

Den vorliegenden Demonstrator will Siemens nun mit einem Konsortium aus Unternehmen, Universitäten und Kliniken zu einem Produkt weiterentwickeln. Ziel ist ein Durchflusszytometer im Westentaschenformat, das sich im klinischen Alltag nutzen lässt.

**Michael Vogel**