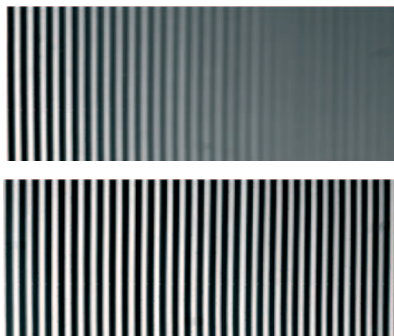


## Immer genau im Fokus

„Portrait mit Landschaft“: Das ist scheinbar eine leichte Aufgabe für Urlaubsfotografen. Doch entweder ist nur die Person oder nur der malerische Hintergrund scharf abgeleuchtet. Dieses Problem der mangelnden Tiefenschärfe lässt sich mit einem gekoppelten System aus Fourier-Linsen und digitaler Bildbearbeitung lösen. Mit dem Wellenfront-Kodierverfahren braucht ein solches Kameraobjektiv über weite Bereiche nicht mehr zu fokussieren. Sowohl Nase als auch der weit entfernte Berggipfel lassen sich gleichzeitig konturgetreu festhalten.

Anhand des Fotos eines nach hinten geneigten Streifenmusters lässt sich sehr gut erkennen, wie sich mangelnde Tiefenschärfe (oben) mit Hilfe des sog. Wellenfront-Kodierverfahrens vermeiden lässt (unten). (Foto: CDM Optics)



Das Anfang der 1990er Jahre vom Amerikaner Edward Dowski vorgeschlagene Wellenfront-Verfahren will der Physiker Andy Harvey von der Heriot Watt University im schottischen Edinburgh nun für günstige Kameras in Handys nutzen. Dazu beschichtet er eine Linse mit einer rund 50 Mikrometer dünnen Schicht aus Germanium. Diese wirkt durch eine feine Strukturierung wie ein Phasenfilter auf die einfallenden Lichtstrahlen. Im Fourier-Raum werden dadurch die Wellenfronten gleichmäßig über das komplette Bildfeld verändert. Das Ergebnis ist ein durchweg unscharfes Bild, allerdings mit einem überall identischen Grad der Defokussierung. Nachdem dieses so „codierte“ Bild mit einem CCD-Chip aufgenommen wurde, lassen sich die Bilddaten im Computer nachbearbeiten und „entschlüsseln“. Das Programm nutzt dabei die vom Phasenfilter vorgegebene, bekannte Veränderung der Wellenfronten. Das Ergebnis ist eine scharfe Aufnahme mit einer bis zu zehnfach bessere Tiefenschärfe als es mit konventionellen Linsensystemen möglich ist. Lediglich das Signal-Rauschverhältnis der Bilddaten wäre nach Aussage Harveys noch verbesserungswürdig.

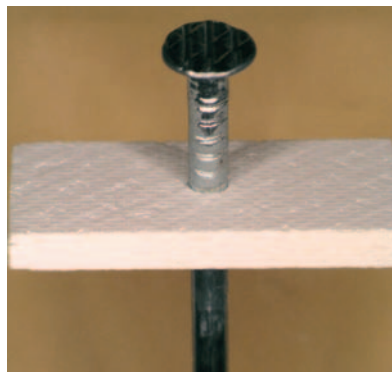
Während Dowski das Wellenfront-Verfahren in seiner Firma

CDM-Optics in Boulder bereits für optische Instrumente wie Mikroskope, Endoskope oder Barcode-Scanner anwendet, schielt Harvey auf den Massenmarkt der Fotohandys. Ohne einen verstellbaren, mechanischen Fokus könnte mit den Fourier-Phasenfiltern die Bildqualität deutlich steigen. Erste Kontakte zu Handy-Herstellern existieren bereits. Doch dieses Verfahren eignet sich auch für Infrarot-Kameras. Die Zusammenarbeit Harveys mit der Firma QinetiQ, hervorgegangen aus dem britischen Zentrum für Verteidigungsforschung Dera, zeigt das Interesse für militärisch genutzte Wärmekameras, die auch nachts immer scharfe Bilder vom Gegner machen sollen.

## Keramik zum Nageln

Hitzebeständig und gleichzeitigäh wie Holz. Einen solchen Werkstoff haben nun Materialforscher um Reinhard Simon von der Montanuniversität im österreichischen Leoben entwickelt. Durch Nanostrukturen, die sich bei der Herstellung um ein enges Netzwerk aus zehn bis zwölf Mikrometer feinen Fasern in dem keramischen Material bilden, verringert sich die Sprödigkeit deutlich. Sogar beim Einschlagen eines Nagels bricht es nicht. Mögliche Anwendungen sieht der Forscher beim Einsatz für Hitzeschutzkacheln von Raumfahrzeugen oder zur Auskleidung von Brennkammern in modernen Gasturbinen.

Mit Aluminiumoxid und Mullit ( $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ) griff Simon auf klassische Ausgangsmaterialien für hitzefeste Keramiken zurück. Wie bei etablierten Produktionsverfahren von faserverstärkten Kunststoffen bildet ein Fasernetzwerk – in diesem Fall ebenfalls aus Aluminium- oder



Dieser neue Werkstoff ist ebenso hitzebeständig wie bruchfest und verbindet so die positiven Eigenschaften von Keramik und Holz. (Foto: Uni Leoben)

Siliziumoxid – die Grundlage. Darum verteilte der Materialforscher die Keramikrohmasse, eine Suspension, in denen die Metalloxide fein verteilt vorliegen. Zur Aushärtung wird diese komplexe Mischung bei deutlich über 1000 Grad Celsius gesintert. Bei diesem Vorgang, den Simon in Anbetracht der wirtschaftlichen Nutzbarkeit nicht näher beschreibt, entstehen die stabilisierenden Nanostrukturen. Eine große Herausforderung bei der Hitzebehandlung lag darin, dass die eingelegten Fasern und die nanofinen Strukturen erhalten bleiben und sich nicht zu einem massiven, kristallinen Block verbinden.

Dieser so genannte Oxid/Oxid-Verbundwerkstoff hielt in ersten Versuchen Temperaturen bis rund 1500 Grad Celsius stand. Am Materials Center Leoben (MCL) soll diese Faserkeramik nun weiter entwickelt und schon bald für erste Anwendungen vorbereitet werden. Neben dem Einsatz in der Raumfahrt könnte der neue Werkstoff bisher verwendete, hitzefeste Metall-Legierungen in modernen Gasturbinen-Kraftwerken ersetzen. Nach ersten Abschätzungen wären dadurch deutlich höhere Betriebstemperaturen möglich, wodurch sich der Wirkungsgrad um zwei bis drei Prozent steigern lassen könnte, erklärt Simon.

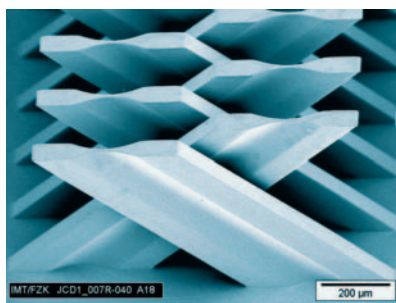
## Roentgenlinsen aus Kunststoff

Nachdem Conrad Röntgen erfolglos versucht hatte, die nach ihm benannten Strahlen an Prismen aus verschiedenen Materialien zu brechen, war seine Meinung, dass man „mit Linsen die X-Strahlen nicht concentrieren kann“, jahrzehntelang in Lehrbüchern zu finden. Erst in den letzten Jahren ist es mithilfe von Zonenplatten oder Stapeln aus vielen Einzellinsen gelungen, Röntgenstrahlen zu fokussieren.<sup>1)</sup> Nun haben Physiker am Forschungszentrum Karlsruhe transparente Linsensysteme für Röntgenstrahlung aus Kunststoff hergestellt, die die Leistungsfähigkeit von Röntgenteleskopen steigern oder eine feinere Auflösung bei der Untersuchung von biologischen Proben ermöglichen könnten.

Die Forscher um Volker Saile nutzen für die Herstellung ihrer zumeist mikrostrukturierten Linsen aus SU-8, einem für Röntgen-

1) vgl. Phys. Blätter, Januar 2001, S. 43

licht durchsichtigen Epoxidharz, die Synchrotronstrahlungsquelle ANKA. Vergleichbar mit dem UV-Lithografieverfahren der Chiphersteller lenkten sie stark gebündeltes Synchrotronlicht (4 bis 40 keV, Fokusgröße  $0,4 \times 0,8 \mu\text{m}$ ) durch eine fein strukturierte Goldmaske auf den Rohkunststoff. Bis in einen Millimeter Tiefe dringt dieses Licht durch die Maskenlöcher in den Kunststoff ein und härtet ihn an diesen Stellen aus. Diese Belichtung dauert rund eine Stunde. Das unbelichtete Epoxidharz wird darauf mit einem chemischen Lösungsmittel ausgewaschen. Generell lassen sich mit dieser so genannten Tiefenlithographie bis zu 200 Nanometer feine



Die zweifache Belichtung einer Kunststoffstruktur aus unterschiedlichen Winkeln ermöglicht Röntgenlinsen, die in zwei Richtungen fokussieren und die einfallende Strahlung in einen Brennpunkt bündeln. (Foto: FZK)

Strukturen aushärten.

Zwar ist die Linse aus SU-8, das im Wesentlichen aus Kohlenstoffketten besteht, weitestgehend durchsichtig für Röntgenstrahlung. Doch durch den komplexen, mikrostrukturierten Aufbau kann es die Richtung dieser Strahlung in Abhängigkeit von der Wellenlänge um kleine Winkel verändern. Durch die Kombination mehrerer solcher Röntgenlinsen sind Fokussiersysteme möglich, die in Transmission Röntgenstrahlen in Mikroskopen und Teleskopen bündeln können. Je nach Verlustrate für die Strahlungsintensität wäre auch ein Einsatz solcher Linsen in EUV-Anlagen (Extremes Ultraviolett) denkbar, mit denen Chiphersteller in wenigen Jahren Schaltkreisstrukturen unter 30 Nanometer in Silizium bannen wollen.

## Bunte Bildpunkte für elektronisches Papier

Das elektronische Papier wird erwachsen. Nachdem Sony vor wenigen Monaten das E-Book „LIBRIe“ in Japan mit einem flachen, kon-

trastreichen und Strom sparenden Schwarz-Weiß-Display auf den Markt gebracht hat, arbeitet die koreanische Firma SiPix an farbtuglichen Varianten. Zusammen mit Forschern der BASF Future Business GmbH sollen binnen zwei bis drei Jahren geeignete rote und grüne Farbstoffe entwickelt werden, um vollwertige RGB-Anzeigen zunächst für elektronisch schaltbare Preis- und Werbeschilder herstellen zu können.

Basierend auf dem Prinzip der Elektrophorese bietet SiPix schon heute monochrome blau-weiße Anzeigen an. Dabei bewegen sich winzige Partikel aus dem Weißpigment Titandioxid in vielen 60 bis 180 Mikrometern breiten Mulden je nach angelegter Spannung auf und ab. Befinden sie sich – angezogen durch eine negative Spannung – direkt unter der oberen, transparenten Elektrode aus Indiumzinnoxid (ITO), erscheint ein weißer Farbpunkt. Werden die Pole vertauscht, sinken sie innerhalb von Bruchteilen einer Millisekunde in der 30 Mikrometer tiefen Mulde zur unteren Elektrode ab, und der Betrachter sieht das kräftige Blau der umgebenden Farbstofflösung.

Mit ihrer großen Erfahrung auf dem Gebiet löslicher Farbstoffe (Metallkomplexe, kationische oder basische Farbstoffe) wollen die BASF-Forscher um Joachim Rösch nun geeignete Substanzen für rote und grüne Bildpunkte entwickeln. Diese Farben müssen hoch lichtecht, unempfindlich gegenüber der angelegten elektrischen Spannung und mit einem hohen Extinktionskoeffizienten intensiv absorbierend sein, damit trotz der geringen Schichtdicke von  $30 \mu\text{m}$  noch ein gesättigter Farbeindruck entsteht.

Für die Produktion großflächiger Displays kann SiPix auf ein patentiertes Rollendruckverfahren zurückgreifen. Dabei werden die in flexible Kunststoff-Lagen eingedrückten Mikromulden mit den bunten Farbstoff-Lösungen und den Pigmenten gefüllt. Versiegelt mit leitfähigen Polymer-Schichten ist damit sogar die Grundlage für biegsame Displays gelegt. Heute fehlen dazu noch zuverlässige und flexible Transistorflächen, über die die einzelnen Pixelmulden angesteuert werden können. Doch auch für diese Schaltmodule hat SiPix vor wenigen Monaten mit Polymer Vision, einem Ableger von Philips Electronics, einen versierten Entwicklungspartner gefunden.