

# Johannes Kepler Universität

2012-04-12 Presse

## Auf in die DRITTE Dimension

Seit der Erfindung der Fotografie vor fast 180 Jahren dreht sich alles darum, die dreidimensionale Welt auf einen zweidimensionalen Bildträger zu bannen. Die Digitaltechnik hat die Fotografie in den letzten Jahren komplett umgekrempelt - am Grundprinzip hat sich nichts geändert: Die Lichtstrahlen, die von den Gegenständen im Raum ausgehen, werden durch optische Linsen gebündelt und auf eine Ebene projiziert - die heute eben kein Film mehr ist, sondern elektronische Sensoren sind. Dreidimensionale Verfahren gibt es zwar bereits - man denke nur an 3 D-Ki -, diese können aber nur mithilfe spezieller Techniken, etwa unhandlicher Brillen, genutzt werden. Nun taucht eine völlig neue Technologie auf, wie man die dreidimensionale Welt abbilden kann: mit Lichtfeldern. Das US-Unternehmen Lytro, ein Spin-off der Stanford-Universität, bringt zurzeit eine billige Kamera auf den Markt - vorerst in den USA die diese Technologie für eine breite Schicht nutzbar macht. Bisher gab es das nur in Form von teuren Spezialkameras, die nur für ausgewählte Anwendungen eingesetzt wurden.

"Die Lichtfeldtechnologie wird für viele Bereiche revolutionierend sein nicht nur in der Fotografie, sondern darüber hinaus in anderen Anwendungen von Bildverarbeitung, etwa in der Industrie oder in der Unterhaltung, bis hin zur Beleuchtungstechnik", sagt Oliver Bimber, Professor am Institut für Computergrafik der Universität Linz. Er beschäftigt sich mit einem halben Dutzend Mitarbeitern und Studenten mit den Möglichkeiten, die sich aus Lichtfeldern ergeben - als eine von ganz wenigen Arbeitsgruppen in Europa.

Die Idee dahinter ist gar nicht so neu: Schon der große Vordenker der Elektrotechnik, Michael Faraday, hat 1846 vorgeschlagen, Licht als Feld (ähnlich dem magnetischen Feld) zu interpretieren. Der **Begriff** "Lichtfeld" ist jüngerer Datums, er wurde 1936 geprägt. Worum geht es dabei? Mathematisch kann jeder Lichtstrahl, der von einem Oberflächenpunkt im Blickfeld ausgeht, durch fünf Parameter beschrieben werden: durch drei Maßzahlen, die die räumliche Lage beschreiben, und zwei Werte für den Winkel, in dem ein Lichtstrahl im Raum verläuft. Diese exakte fünfdimensionale Darstellung -Physiker nennen sie "plenoptische Funktion" - ist allerdings sehr komplex und kaum handhabbar. Daher griffen die Theoretiker zu einem Trick: Sie betrachten nur vier Dimensionen: nämlich die zwei Winkelparameter und zwei räumliche Koordinaten auf einer "Referenzebene. Diese kann man sich wie ein Fenster vorstellen, durch das die Strahlen gehen: Wenn man dort die Position eines Lichtstrahls markiert, dann entspricht das vom Betrachter aus gesehen der Position im Raum. Und wenn man zusätzlich die Winkel erfasst, hat man auch Informationen über die dreidimensionale Realität. "Lichtfelder sind eine vierdimensionale Untermenge", fasst Bimber zusammen.

Mikrolinsenfeld. Dieses Prinzip lässt sich technisch auf mehrere Arten realisieren. Am gebräuchlichsten ist dabei ein System mit einer Matrix von Mikrolinsen (siehe Grafik oben). Im Objektiv werden die Lichtstrahlen auf diese Matrix fokussiert. Jeder eintreffende Lichtstrahl wird aber in jeder einzelnen Linse wieder aufgefächert: Strahlen, die aus der Mitte des Blickfelds kommen, werden dabei weniger stark abgelenkt als Strahlen, die vom Rand kommen. Diese Lichtimpulse werden schließlich mit Sensoren aufgezeichnet, die sich ein Stückchen hinter dem Mikrolinsenfeld befinden. Dabei wird die Information eines einzelnen Bildpunktes von mehreren Sensoren aufgefangen. Darin befindet sich nicht nur die Information über die geometrische Lage, sondern auch über den Winkel, wo der Lichtstrahl herkommt.

Für das freie Auge wirken die erhaltenen Bilder unscharf und verwirrend, doch mit mathematischen Algorithmen kann man die Informationen aus mehreren Sensorsignalen kombinieren und daraus Bilder berechnen. Und nicht nur das: Da auch räumliche Informationen vorhanden sind, können am Computer neue Bilder berechnet werden.

So kann etwa nachträglich die Schärfenebene eingestellt werden, als ob das Bild auf den Vorder- oder den Hintergrund fokussiert sein soll. Es können sogar alle Teile des Bilds scharf dargestellt werden ("all in focus"). Wie man einfach per Mausklick ein Lichtfeldfoto scharfstellt, kann man sich im Internet unter <https://www.lytro.com> (Rubrik "Picture Gallery") ansehen. Oder, ein zweites Beispiel: Es können nachträglich der Standort und die Perspektive einer Aufnahme verändert werden. Auch davon kann man im Internet unter <http://lighOeld.stanford.edu/lfs.html> eine Vorstellung bekommen.

Diese ungeahnten und verblüffenden Effekte bringen aber auch zwei Probleme mit sich: Da zu den beiden räumlichen Koordinaten auch zwei Winkel erfasst werden, benötigen die Lichtfeldbilder hundert Mal mehr Speicherplatz. Oder anders ausgedrückt: Bei herkömmlichen Bildsensoren ist die effektive räumliche Auflösung deutlich geringer. Dieser Nachteil wird mit der fortschreitenden Sensortechnologie zunehmend irrelevant: Waren vor fünf Jahren noch Kameras mit einer Auflösung von fünf Megapixeln ein teurer Spaß, so sind heute 20-Megapixel-Kameras kein unerschwinglicher Luxus mehr. Und hier ist noch lange kein Ende der Entwicklung absehbar. "Diese zusätzliche Auflösung kann man dafür nutzen, rätselhafte Informationen aufzunehmen", so Bimber.

Das zweite Problem ist wesentlich schwerwiegender: Bei Lichtfeldern funktioniert keine der herkömmlichen Methoden zur Bildbearbeitung. So hat es die Forscher um Bimber sehr viel Arbeit gekostet, einen Algorithmus zur Skalierung von Bildern zu entwickeln - also für das Auswählen eines Formats oder eines Ausschnitts sowie für das Strecken oder Stauchen eines Bildes. Details dieses "Retargeting"-Algorithmus stellen die Forscher im Mai bei der internationalen Fachtagung "Eurographics" in Italien vor

Panoramalichtfeld. Eine riesige Herausforderung ist es weiters, Lichtfeldfotos zu "segmentieren", also bestimmte Teile davon auszuwählen. Man kennt das in herkömmlichen Bildbearbeitungsprogrammen etwa in Form eines Zauberstabs oder eines Lassos. Und auch der große Speicherbedarf für Lichtfeldaufnahmen - bei denen man bei höheren Auflösungen schnell in den Gigabyte-Bereich kommt - erfordert neue Algorithmen zur Kompression. Hier werden extrem schnelle Algorithmen benötigt, die beispielsweise entscheiden, welche Lichtstrahlen gebraucht werden und welche nicht ("Caching").

Heuer im Frühling ist den Linzer Forschern zusammen mit der deutschen Firma Raytrix ein besonderer Coup gelungen: Sie haben die weltweit erste Lichtfeldpanorama-Aufnahme erstellt: einen 360-Grad-Rundblick in einem Kakteenhaus. Das Problem dabei: Die einzelnen Bilder können nicht einfach aneinandergestückt werden (wie das bei herkömmlichen Digitalfotos möglich ist), weil ja die Rauminformation nicht in einem einzelnen Pixel enthalten ist, sondern in mehreren nebeneinanderliegenden.

Gelöst wurde das Problem, indem das Lichtfeld in einen "focal stack" umgewandelt wird. Man kann sich das als Stapel von Bildern mit jeweils anderer Schärfenebene vorstellen - dadurch bleibt in Summe die räumliche Information erhalten. Diese Bilder wurden anhand eines berechneten "all in focus"-Bildes überlappend zusammengefügt, anschließend wird der Stapel wieder in ein Lichtfeld zurückgerechnet. Durch diesen Umweg konnten viele herkömmliche Bildbearbeitungsverfahren genutzt werden, der Algorithmus läuft auf herkömmlichen Grafikkarten.

"In Lichtfeldern steckt aber viel mehr als neue Möglichkeiten in der Fotografie", so Bimber. Man kann das dahinterliegende Prinzip auch umkehren und zur Darstellung von 3-D-Daten nutzen. Etwa in Lichtfelddisplays, die im Labor jetzt schon herkömmlichen 3-D-Fernsehern überlegen sind. Bei diesen sendet jedes Pixel nicht nur eine Helligkeits- und Farbinformation aus, sondern verschiedene Lichtsignale in verschiedenen Richtungen.

Wenn der Betrachter den Standort ändert, dann ändert sich dadurch auch der Blickwinkel auf das betrachtete Bild. Realisieren lässt sich beispielweise -so wie bei Lichtfeldkameras - mit

Mikrolinsenfeldern oder auch mit zwei übereinandergelegten LCD-Schirmen. Solche Lichtfelddisplays werden, so erwartet Bimber, in fünf bis zehn Jahren die Unterhaltungsindustrie, die industrielle Bildverarbeitung und die Visualisierung von großen Datenmengen revolutionieren. Beim Mikroskopieren beispielsweise fallen riesige Datenmengen an. Wenn man Bilder mit verschiedenen Schärfenebenen macht, dann kann man diese wie einen "focal stack" übereinanderlegen und in ein Lichtfeld umrechnen.

"Wenn man die Daten in eine Lichtfeldrepräsentation konvertiert hat, dann ist die Darstellung viel leichter", erläutert der Forscher. Man kann dann zusätzlich etwa die Perspektive verändern -einen Untersuchungsgegenstand also von verschiedenen Seiten betrachten. Durch die Berücksichtigung der räumlichen Dimension kann auch die Beleuchtung eines Objekts in Zukunft punktgenau erfolgen. Mit der Entwicklung eines solchen "Lichtfeldprojektors" hat Bimber, der im Jahr 2009 nach Linz berufen wurde, noch an seiner früheren Wirkungsstätte in Weimar und Cottbus begonnen -in Kooperation mit dem Mikroskophersteller Zeiss. Dieselbe Technik kann auch bei Endoskopen angewendet werden. Oder bei Autoscheinwerfern, die den Bereich vor dem Auto gezielt ausleuchten können.

## ZUR PERSON

OLIVER BIMBER studierte Scientific Computing in Giessen-Friedberg und am Dundalk Institute of Technology, forschte danach am Fraunhofer Institut für Computergrafik in Rostock und in Providence (USA). Seine Dissertation schloss er an der Uni Darmstadt ab, an der TU München habilitierte er sich.

UNI LINZ. Bimber hatte Professuren in Weimar und Cottbus inne, bevor er im Oktober 2009 an die Uni Linz berufen wurde, wo er seither das Institut für Computergrafik leitet. Seine Forschungen kreisen alle um das Thema Wahrnehmung und Berechnung von Bildern.

[www.jku.at/cg/content/e60566/e155404](http://www.jku.at/cg/content/e60566/e155404)

## LEXIKON

DIE DARSTELLUNG von 3 DBildern ist ein alter Traum. Bald nach der Erfindung der Fotografie nutzte man Stereokameras, die zwei Bilder im Abstand der Augen aufnahmen. Die Bildpaare wurden um die Jahrhundertwende in Guckkästen betrachtet. In den letzten Jahrzehnten setzte sich eine Trennung der Bilder für das linke und für das rechte Auge durch Brillen (kodiert durch Farben oder Polarisation) durch. Holografie ist eine andere Variante zur 3-D-Darstellung: Dabei werden die Wellennatur des Lichtes und das Phänomen der "Interferenz" für einen 3-D-Eindruck genutzt.

BEI FERNSEHERN sind derzeit am Start, die brillenloses 3-D-TV ermöglichen sollen. Die Lichtfeldtechnologie ist aber drauf und dran, all diese Technologien zu revolutionieren bzw. obsolet zu machen. Experten erwarten, dass in fünf bis zehn Jahren sowohl die Unterhaltungsindustrie als auch die industrielle Bildverarbeitung völlig anders aussehen werden als heute.

Die erste erschwingliche Lichtfeldkamera wird derzeit vom US-Unternehmen Lytro auf den Markt gebracht -je nach Ausführung ab 399 Dollar.

Lichtfelder werden aufgezeichnet, indem ein fokussierter Lichtstrahl an einem Mikrolinsenfeld aufgefächert wird: Am Computer lässt sich das dreidimensionale Bild rekonstruieren - man kann beispielsweise erst nachträglich per Mausclick scharfstellen.

Mehr als eine Milliarde Digitalkameras gibt es bereits: Knipsen zählt zum liebsten "Sport" vieler Menschen.

Die weltweit erste Panoramalichtfeld- aufnahme: oben fokussiert auf die Ferne, unten auf die Nähe.

Das Innenleben der neuen Lichtfeldkamera von Lytro. Die Grundidee

wurde an der Stanford University entwickelt.

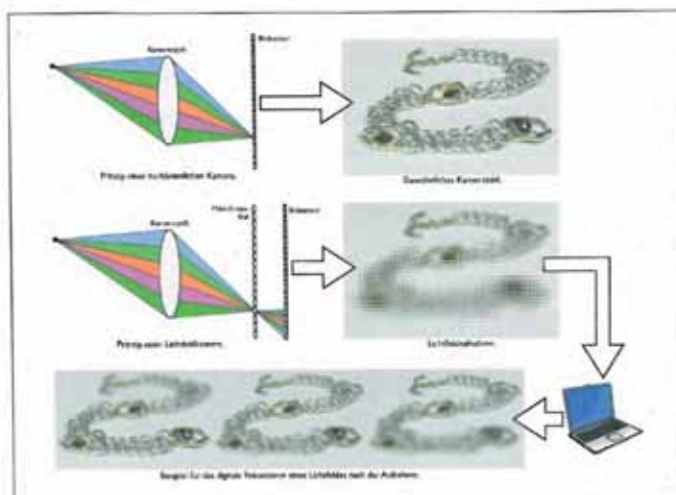
"In Lichtfeldern stecken außer Fotografie noch viele Möglichkeiten."

OLIVER BIMBER, UNI LINZ, COMPUTERGRAFIK



# Auf in die DRITTE Dimension!

Die erste erschwingliche Lichtfeldkamera wird derzeit vom US-Unternehmen Lytro auf den Markt gebracht – je nach Ausführung ab 399 Dollar.



Lichtfelder werden aufgezeichnet, indem ein fokussierter Lichtstrahl an einem Mikrolinsenfeld aufgefächert wird: Am Computer lässt sich das dreidimensionale Bild rekonstruieren – man kann beispielsweise erst nachträglich per Mausklick scharfstellen.

Seit der Erfindung der Fotografie vor fast 180 Jahren dreht sich alles darum, die dreidimensionale Welt auf einen zweidimensionalen Bildträger zu bannen. Die Digitaltechnik hat die Fotografie in den letzten Jahren komplett umgekrempelt – am Grundprinzip hat sich nichts geändert: Die Lichtstrahlen, die von den Gegenständen im Raum ausgehen, werden durch optische Linsen gebündelt und auf eine Ebene projiziert – die heute eben kein Film mehr ist, sondern elektronische Sensoren sind. Dreidimensionale Verfahren gibt es zwar bereits – man denke nur an 3-D-Kinofilme –, diese können aber nur mithilfe spezieller Techniken, etwa unhandlicher Brillen, genutzt werden. Nun taucht eine völlig neue Technologie auf, wie man die dreidimensionale Welt abbilden kann: mit Lichtfeldern. Das US-Unternehmen Lytro, ein Spin-off der Stanford-Universität, bringt zurzeit eine billige Kamera auf den Markt – vorerst in den USA –, die diese Technologie für eine breite Schicht nutzbar macht. Bisher gab es das nur in Form von teuren Spezialkameras, die nur für ausgewählte Anwendungen eingesetzt wurden. „Die Lichtfeldtechnologie wird für viele Bereiche revolutionierend sein –

**In der Fotografie kündigt sich eine Revolution an: Mittels LICHTFELDERN werden 3-D-Informationen aufgezeichnet, Bilder können künftig am Computer nachträglich verändert werden.** TEXT: MARTIN KUGLER

nicht nur in der Fotografie, sondern darüber hinaus in anderen Anwendungen von Bildverarbeitung, etwa in der Industrie oder in der Unterhaltung, bis hin zur Beleuchtungstechnik“, sagt Oliver Bimber, Professor am Institut für Computergrafik der Universität Linz. Er beschäftigt sich mit einem halben Dutzend Mitarbeitern und Studenten mit den Möglichkeiten, die sich aus Lichtfeldern ergeben – als eine von ganz wenigen Arbeitsgruppen in Europa. Die Idee dahinter ist gar nicht so neu: Schon der große Vordenker der Elektrotechnik, Michael Faraday, hat 1846 vorgeschlagen, Licht als Feld (ähnlich dem magnetischen Feld) zu interpretieren. Der Begriff „Lichtfeld“ ist jüngerer Datums, er wurde 1936 geprägt. Worum geht es dabei? Mathematisch kann jeder Lichtstrahl, der von einem

Oberflächenpunkt im Blickfeld ausgeht, durch fünf Parameter beschrieben werden: durch drei Maßzahlen, die die räumliche Lage beschreiben, und zwei Werte für den Winkel, in dem ein Lichtstrahl im Raum verläuft. Diese exakte fünfdimensionale Darstellung – Physiker nennen sie „plenoptische Funktion“ – ist allerdings sehr komplex und kaum handhabbar. Daher griffen die Theoretiker zu einem Trick: Sie betrachten nur vier Dimensionen: nämlich die zwei Winkelparameter und zwei räumliche Koordinaten auf einer „Referenzebene“. Diese kann man sich wie ein Fenster vorstellen, durch das die Strahlen gehen: Wenn man dort die Position eines Lichtstrahls markiert, dann entspricht das vom Betrachter aus gesehen der Position im Raum. Und wenn man zusätzlich die Winkel erfasst, hat man auch Informationen

über die dreidimensionale Realität. „Lichtfelder sind eine vierdimensionale Untermenge“, fasst Bimber zusammen.

**Mikrolinsenfeld.** Dieses Prinzip lässt sich technisch auf mehrere Arten realisieren. Am gebräuchlichsten ist dabei ein System mit einer Matrix von Mikrolinsen (siehe Grafik oben). Im Objektiv werden die Lichtstrahlen auf diese Matrix fokussiert. Jeder eintreffende Lichtstrahl wird aber in jeder einzelnen Linse wieder aufgefächert: Strahlen, die aus der Mitte des Blickfelds kommen, werden dabei weniger stark abgelenkt als Strahlen, die vom Rand kommen. Diese Lichtimpulse werden schließlich mit Sensoren aufgezeichnet, die sich ein Stückchen hinter dem Mikrolinsenfeld befinden. Dabei wird die Information eines einzelnen Bildpunktes von mehreren Sensoren aufgefangen. Darin befindet sich nicht nur die Information über die geometrische Lage, sondern auch über den Winkel, wo der Lichtstrahl herkommt. Für das freie Auge wirken die erhaltenen Bilder unscharf und verwirrend, doch mit mathematischen Algorithmen kann man die Informationen aus mehreren Sensorsignalen kombinieren und daraus Bilder berechnen. »





Mehr als eine Milliarde Digitalkameras gibt es bereits: Knipsen zählt zum liebsten „Sport“ vieler Menschen.





Die weltweit erste Panoramalichtfeldaufnahme: oben fokussiert auf die Ferne, unten auf die Nähe.

» Und nicht nur das: Da auch räumliche Informationen vorhanden sind, können am Computer neue Bilder berechnet werden. So kann etwa nachträglich die Schärfenebene eingestellt werden, als ob das Bild auf den Vorder- oder der Hintergrund fokussiert sein soll. Es können sogar alle Teile des Bilds scharf dargestellt werden („all in focus“). Wie man einfach per Mausklick ein Lichtfeldfoto scharf stellt, kann man sich im Internet unter <https://www.lytro.com> (Rubrik „Picture Gallery“) ansehen. Oder, ein zweites Beispiel: Es können nachträglich der Standort und die Perspektive einer Aufnahme verändert werden. Auch davon kann man im Internet unter <http://lightfield.stanford.edu/lfs.html> eine Vorstellung bekommen.

Diese ungeahnten und verblüffenden Effekte bringen aber auch zwei Probleme mit sich: Da zu den beiden räumlichen Koordinaten auch zwei Winkel erfasst werden, benötigen die Lichtfeldbilder hundert Mal mehr Speicherplatz. Oder anders ausgedrückt: Bei herkömmlichen Bildsensoren ist die effektive räumliche Auflösung deutlich geringer. Dieser Nachteil wird mit der fortschreitenden Sensortechnologie zunehmend irrelevant: Waren vor fünf Jahren noch Kameras mit einer Auflösung von fünf Megapixeln ein teurer Spaß, so sind heute 20-Megapixel-Kameras kein unerschwinglicher Luxus mehr. Und hier ist noch lange kein Ende der Entwicklung absehbar. „Diese zusätzliche Auflösung kann man dafür nutzen, räumliche Informationen aufzunehmen“, so Bimber.

Das zweite Problem ist wesentlich schwerwiegender: Bei Lichtfeldern funktioniert keine der herkömmlichen Methoden zur Bildbearbeitung. So hat es die Forscher um Bimber sehr viel Arbeit gekostet, einen Algorithmus zur Skalierung von Bildern zu entwickeln – also für das Aus-

wählen eines Formats oder eines Ausschnitts sowie für das Strecken oder Stauchen eines Bildes. Details dieses „Retargeting“-Algorithmus stellen die Forscher im Mai bei der internationalen Fachtagung „Eurographics“ in Italien vor.

**Panoramalichtfeld.** Eine riesige Herausforderung ist es weiters, Lichtfeldfotos zu „segmentieren“, also bestimmte Teile davon auszuwählen. Man kennt das in herkömmlichen Bildbearbeitungsprogrammen etwa in Form eines Zauberstabs oder eines Lassos. Und auch der große Speicherbedarf für Lichtfeldaufnahmen – bei denen man bei höheren Auflösungen schnell in den Gigabyte-Bereich kommt – erfordert neue Algorithmen zur Kompression. Hier werden extrem schnelle Algorithmen benötigt, die beispielsweise entscheiden, welche Lichtstrahlen gebraucht werden und welche nicht („Caching“).

Heuer im Frühling ist den Linzer Forschern zusammen mit der deutschen Firma Raytrix ein besonderer Coup gelungen: Sie haben die weltweit erste Lichtfeldpanorama-Aufnahme erstellt: einen 360-Grad-Rundblick in einem Kakteenhaus. Das Problem dabei: Die einzelnen Bilder können nicht einfach aneinandergestückt werden (wie das bei herkömmlichen Digitalfotos möglich ist), weil ja die Rauminformation nicht in einem einzelnen Pixel enthalten ist, sondern in mehreren nebeneinanderliegenden. Gelöst wurde das Problem, indem das Lichtfeld in einen „focal stack“ umgewandelt wird. Man kann sich das als Stapel von Bildern mit jeweils anderer Schärfenebene vorstellen – dadurch bleibt in Summe die räumliche Information erhalten. Diese Bilder wurden anhand eines berechneten „all in focus“-Bildes überlappend zusammengefügt, anschließend wird der Stapel wieder in ein Lichtfeld zurückgerechnet. Durch diesen Umweg



„In Lichtfeldern stecken außer Fotografie noch viele Möglichkeiten.“

OLIVER BIMBER,  
UNI LINZ, COMPUTERGRAFIK

konnten viele herkömmliche Bildbearbeitungsverfahren genutzt werden, der Algorithmus läuft auf herkömmlichen Grafikkarten.

„In Lichtfeldern steckt aber viel mehr als neue Möglichkeiten in der Fotografie“, so Bimber. Man kann das dahinterliegende Prinzip auch umkehren und zur Darstellung von 3-D-Daten nutzen. Etwa in Lichtfelddisplays, die im Labor jetzt schon herkömmlichen 3-D-Fernsehern überlegen sind. Bei diesen sendet jedes Pixel nicht nur eine Helligkeits- und Farbinformation aus, sondern verschiedene Lichtsignale in verschiedenen Richtungen. Wenn der Betrachter den Standort ändert, dann ändert sich dadurch auch der Blickwinkel auf das betrachtete Bild. Realisieren lässt sich beispielweise – so wie bei Lichtfeldkameras – mit Mikrolinsenfeldern oder auch mit zwei übereinandergelegten LCD-Schirmen. Solche Lichtfelddisplays werden, so erwartet Bimber, in fünf bis zehn Jahren die Unterhaltungsindus-

## LEXIKON

DIE DARSTELLUNG von 3-D-Bildern ist ein alter Traum. Bald nach der Erfindung der Fotografie nutzte man Stereokameras, die zwei Bilder im Abstand der Augen aufnahmen. Die Bildpaare wurden um die Jahrhundertwende in Guckkästen betrachtet. In den letzten Jahrzehnten setzte sich eine Trennung der Bilder für das linke und für das rechte Auge durch Brillen (kodiert durch Farben oder Polarisation) durch. Holografie ist eine andere Variante zur 3-D-Darstellung: Dabei werden die Wellennatur des Lichtes und das Phänomen der „Interferenz“ für einen 3-D-Eindruck genutzt.

BEI FERNSEHERN sind derzeit mehrere Technologien am Start, die brillenloses 3-D-TV ermöglichen sollen. Die Lichtfeldtechnologie ist aber drauf und dran, all diese Technologien zu revolutionieren bzw. obsolet zu machen. Experten erwarten, dass in fünf bis zehn Jahren sowohl die Unterhaltungsindustrie als auch die industrielle Bildverarbeitung völlig anders aussehen werden als heute.





trie, die industrielle Bildverarbeitung und die Visualisierung von großen Datenmengen revolutionieren.

Beim Mikroskopieren beispielsweise fallen riesige Datenmengen an. Wenn man Bilder mit verschiedenen Schärfenebenen macht, dann kann man diese wie einen „focal stack“ übereinanderlegen und in ein Lichtfeld umrechnen. „Wenn man die Daten in eine Lichtfeldrepräsentation konvertiert hat, dann ist die Darstellung viel leichter“, erläutert der Forscher. Man kann dann zusätzlich etwa die Perspektive verändern – einen Untersuchungsgegenstand also von verschiedenen Seiten betrachten.

Durch die Berücksichtigung der räumlichen Dimension kann auch die Beleuchtung eines Objekts in Zukunft punktgenau erfolgen. Mit der Entwicklung eines solchen „Lichtfeldprojektor“ hat Bimber, der im Jahr 2009 nach Linz berufen wurde, noch an seiner früheren Wirkungsstätte in Weimar und Cottbus begonnen – in Kooperation mit dem Mikroskophersteller Zeiss.

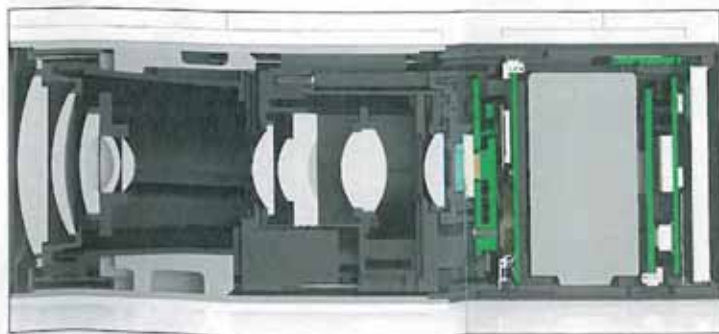
Dieselbe Technik kann auch bei Endoskopen angewendet werden. Oder bei Autoscheinwerfern, die den Bereich vor dem Auto gezielt ausleuchten können. ■

## ZUR PERSON

OLIVER BIMBER studierte Scientific Computing in Giesen-Friedberg und am Dandak Institute of Technology, forschte danach am Fraunhofer Institut für Computergrafik in Rostock und in Providence (USA). Seine Dissertation schloss er an der Uni Darmstadt ab, an der TU München habilitierte er sich.

UNI LINZ. Bimber hatte Professuren in Weimar und Cottbus inne, bevor er im Oktober 2009 an die Uni Linz berufen wurde, wo er seither das Institut für Computergrafik leitet. Seine Forschungen kreisen alle um das Thema Wahrnehmung und Berechnung von Bildern.

[www.jku.at/cg/content/e60566/e155404](http://www.jku.at/cg/content/e60566/e155404)



Das Innenleben der neuen Lichtfeldkamera von Lytro. Die Grundidee wurde an der Stanford University entwickelt.

## Moderne Kameras intelligent nutzen

In Labors tüfteln Forscher nach neuen Möglichkeiten und Erweiterungen der Fotografie.



## DIE FLUT VON BILDERN

IM JAHR 2008 wurde eine magische Schwelle überschritten: Erstmals gab es auf der Welt mehr als eine Milliarde Kameras – der überwiegende Teil eingebaut in Handys. „Es gibt bald keinen Punkt auf der Erde mehr, der nicht schon mehrfach fotografiert wäre“, sagt Ramesh Raskar schmunzelnd. Er ist Leiter der Camera-Culture-Forschungsgruppe am Media Lab des Massachusetts Institute of Technology (MIT) und kooperiert in vielen Projekten mit dem Linzer Forscher Oliver Bimber.

DIE FLUT VON BILDERN sei „längst außer Kontrolle geraten“, sagt er. Sie wird bald nicht mehr beherrschbar sein. Raskar spielt mit seiner Gruppe unzählige Möglichkeiten durch, die Bilder dennoch sinnvoll nutzen zu können. Unter anderem durch eine intelligente Klassifikation der auf Aufnahmen Gezeigten – z. B. durch semantische Bildanalyse, eine Aufzeichnung der GPS-Koordinaten des Standorts oder eine Registrierung des Fotografen (durch einen Fingerabdrucksensor auf der Kamera). Allerdings zeige ein Foto immer nur einen kleinen Teil der Realität. Unzählige andere Sinneseindrücke fehlen – etwa, wenn man sich an ein wohlschmeckendes Essen erinnern will. Daher werden Methoden erforscht, wie man andere Reize einbeziehen kann. Raskar kann sich durchaus vorstellen, dass eine Kamera der Zukunft auch Wärmedetektoren, chemische Sensoren oder Ultraschall beinhaltet, mit der das Drumherum um ein optisches Bild eingefangen werden kann.

IM LABOR ist bereits eine andere – unglaubliche – fotografische Technik möglich: Am MIT in Massachusetts wird mit einer Methode experimentiert, mit der man um die Ecke schauen kann, zum Beispiel in einen Raum hineinblicken, bei dem die Tür halb offen steht. Das funktioniert durch ultrakurze Laserimpulse, die über den Umweg der Tür auf Gegenstände in dem Raum geworfen und reflektiert werden. Hochgenaue Sensoren fangen die Photonen auf, extrem schnelle Algorithmen rekonstruieren dann, was sich in dem Raum befindet. „Wir stehen erst am Anfang, die Qualität dieser Bilder ist noch schlecht – wie bei Fotografien vor 150 Jahren“, erläutert Raskar. Nachsatz: „Aber wir werden ständig besser.“ Bis das Um-die-Ecke-Schauen marktreif ist, werde es noch mindestens fünf Jahre dauern.