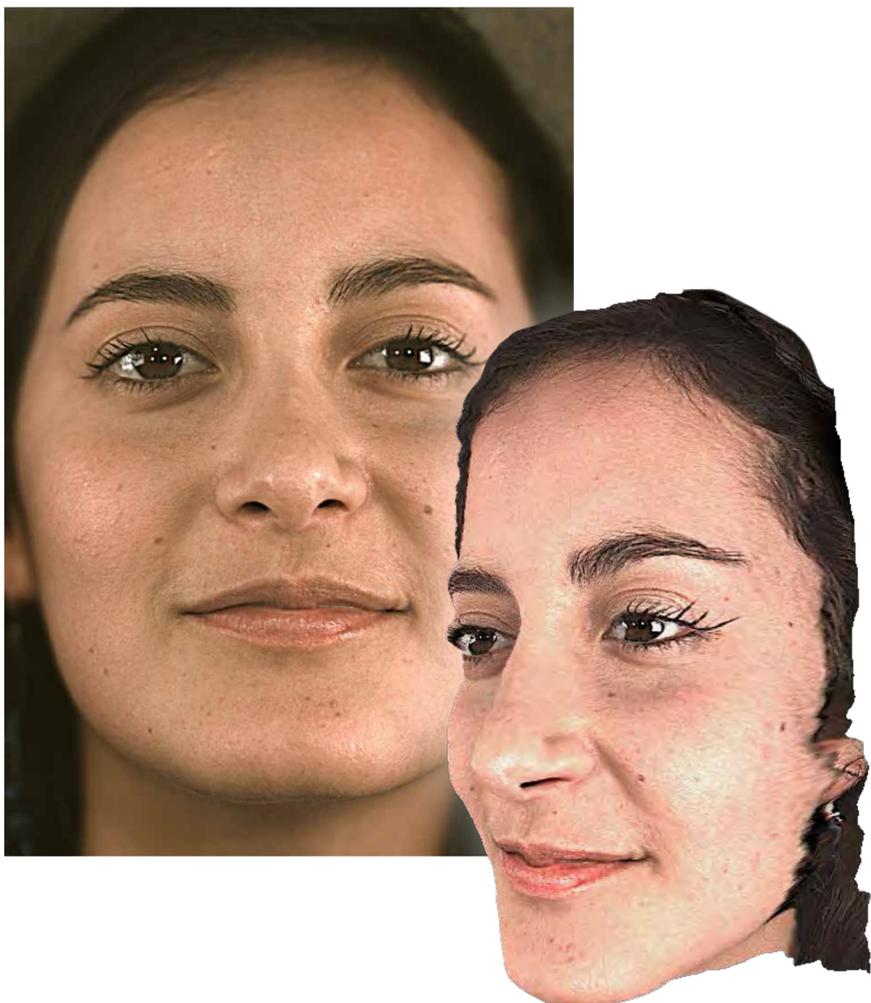
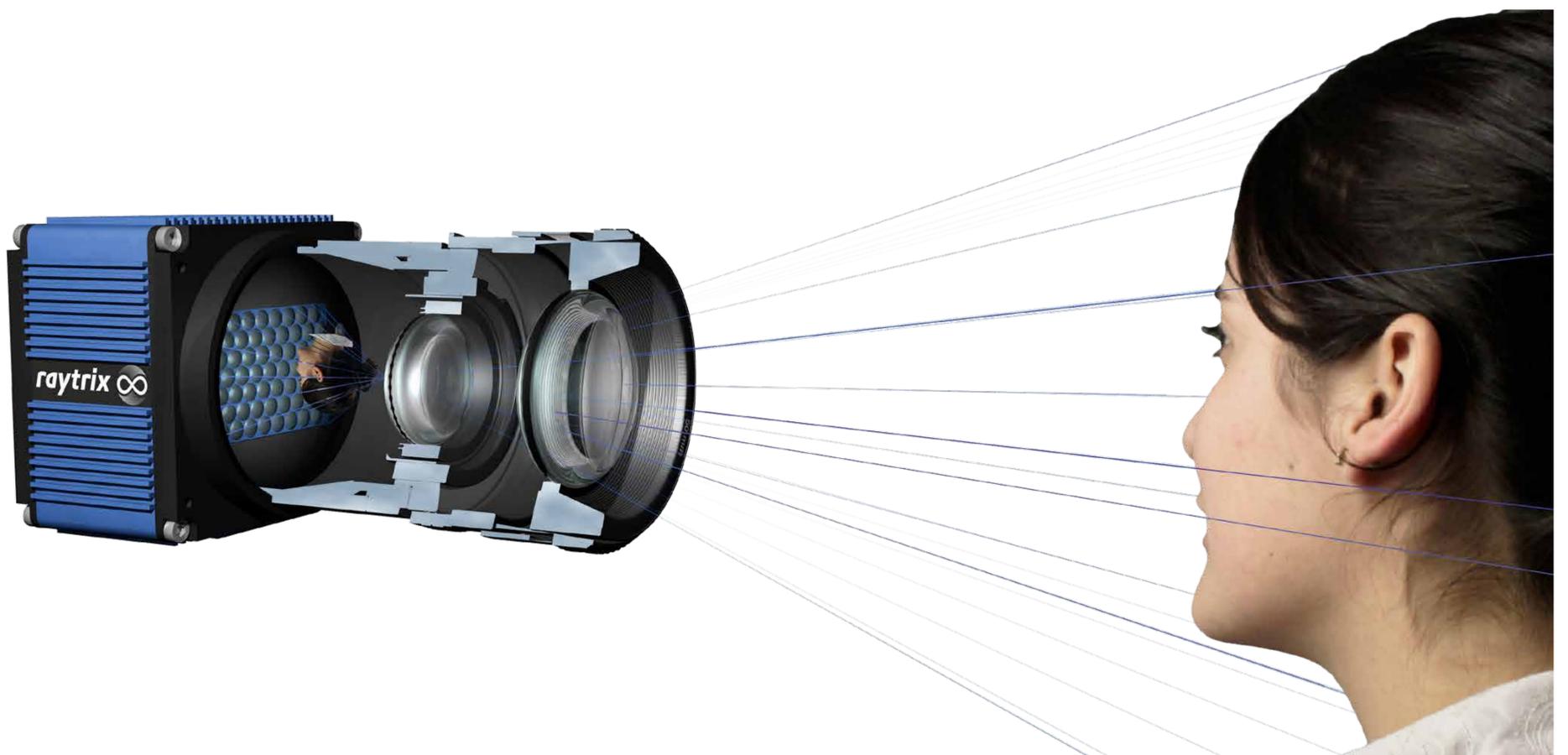


Eine kleine Revolution: Die 3D Lichtfeldkamera

A Small Revolution: The 3D Light Field Camera



Die Raytrix Lichtfeldkamera ist eine neuartige 3D Kamera: Sie hat nur ein Objektiv und braucht nur eine Aufnahme, um 3D Bilder zu erstellen. Der besondere Clou ist, dass die Bilder auch *nach* der Aufnahme noch neu fokussiert werden können.

Dies wird durch 20.000 Mikrolinsen ermöglicht, die vor dem Fotosensor auf einer Glasplatte angebracht sind. Hierdurch werden 20.000 einzelne Aufnahmen aus leicht unterschiedlichen Perspektiven erzeugt.

In der Lichtfeldkamera schauen die Mikrolinsen nicht direkt auf das zu fotografierende Objekt, sondern auf ein „Zwischenbild“, das von dem Objektiv vor dem Fotosensor erzeugt wird.

The Raytrix light field camera is a new type of 3D camera that, with just one main lens and a single shot, can create a 3D image. A particular highlight of the Raytrix light field camera is that once an image is created, it is possible for that image to be re-focused.

An array of 20,000 microlenses in front of the image sensor, creating 20,000 micro images from slightly different angles, makes this possible.

However, the microlenses are not directed at the photographed object, rather at an intermediate image that is created by the main lens in front of the image sensor.



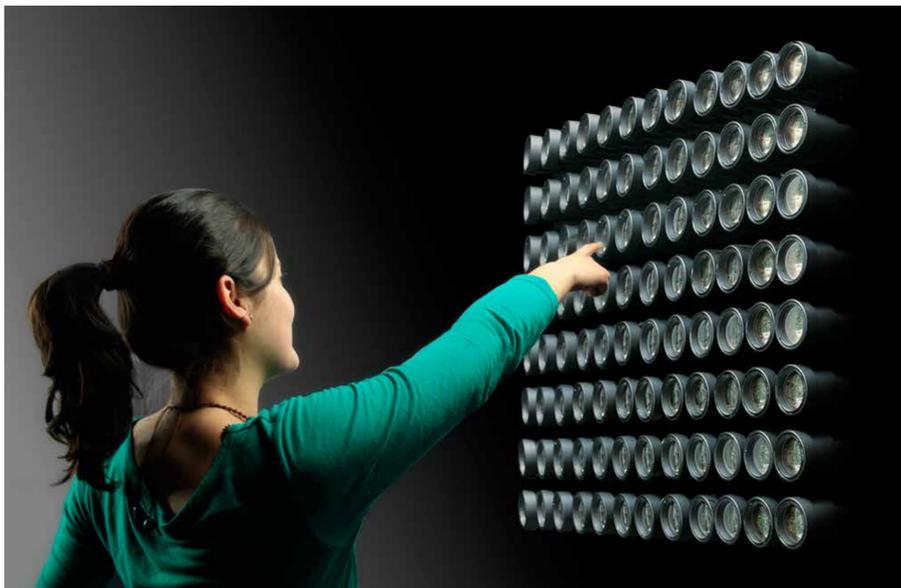
raytrix
ANDROID APP

www.raytrix.de



Das Zwischenbild

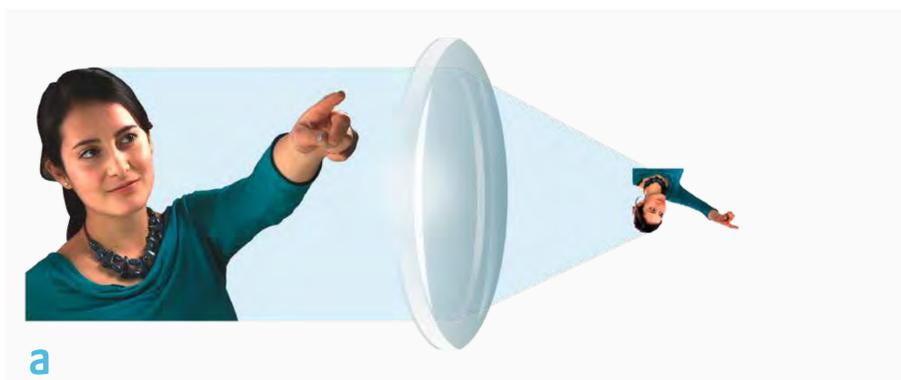
The Intermediate Image



Um ein Lichtfeld zu erfassen, muss man die Szene aus möglichst vielen verschiedenen Blickpunkten aufnehmen. Dies lässt sich am einfachsten mit vielen, in einem Gitter angeordneten, herkömmlichen 2D Kameras erreichen (siehe Bild). Eine Lichtfeldkamera fasst diese Anordnung von vielen Kameras in einer einzigen Kamera zusammen, indem ein Objektiv erst eine verkleinerte Version der Szene innerhalb der Kamera erzeugt, auf die dann ein Gitter von „Mikrokameras“ schaut.

In order to capture a light field, it is necessary that a scene be photographed from as many angles as possible. The easiest way to do this is with an array of ordinary 2D cameras.

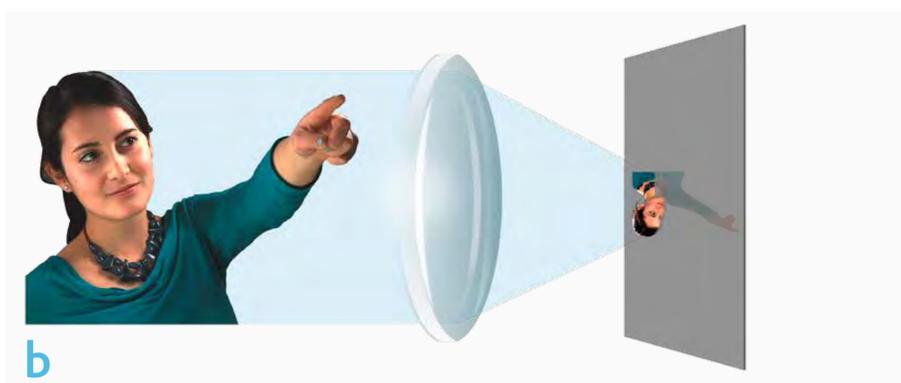
A light field camera condenses this array of cameras into a single camera. The main lens creates a miniaturized version of the scene inside the camera, which in turn is seen by an array of 'micro cameras' (the microlenses).



a Jedes Objektiv erzeugt ein 3D Zwischenbild.
Every lens creates an intermediate 3D image.

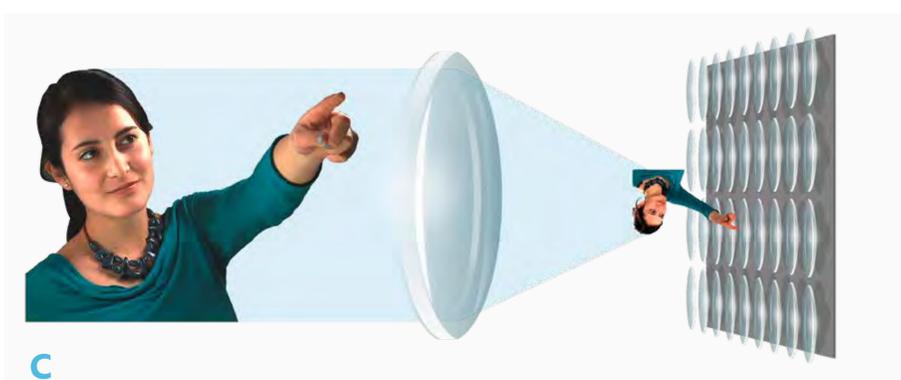
b In einer normalen 2D Kamera wird nur der Teil des Zwischenbildes scharf abgebildet, der auf dem Foto-sensor liegt.

An ordinary 2D camera only sees the part of the intermediate image in focus which intersects with the surface of the image sensor.



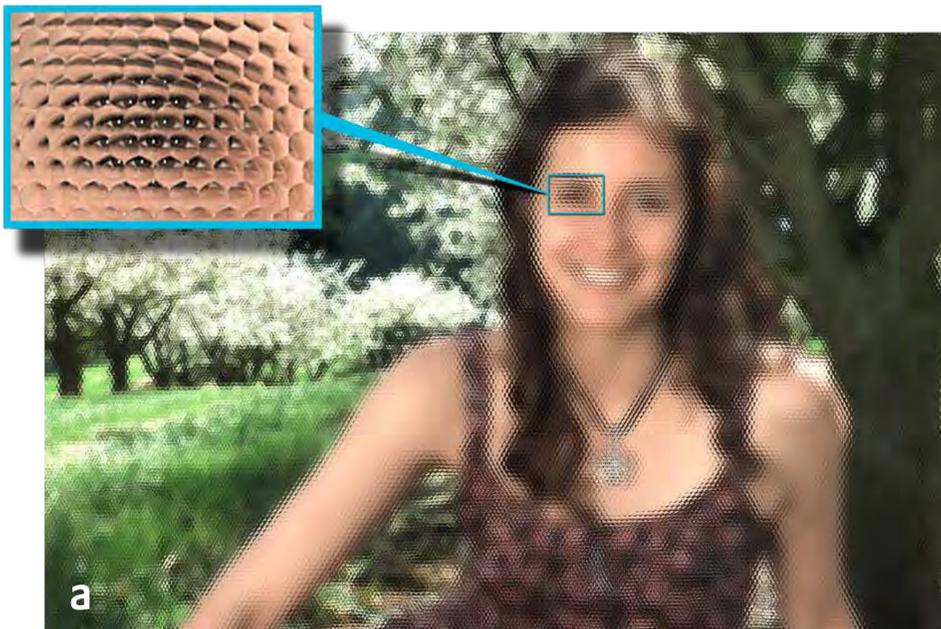
c In einer Lichtfeldkamera wird das 3D Zwischenbild vor den Mikrolinsen platziert. Jede Mikrolinse agiert dann wie eine eigene kleine Kamera, die das Zwischenbild aus einer jeweils anderen Perspektive abbildet.

In a light field camera the intermediate 3D image is placed in front of the microlenses. Every microlens then acts as an independent micro camera that takes a picture of the intermediate image from a different perspective.



Wie aus 20.000 Mikrobildern ein 3D Bild entsteht

How 20,000 Micro Images Result in a 3D Image



Das von der Lichtfeldkamera erzeugte Rohbild besteht aus den vielen kleinen Ansichten der 20.000 Mikrolinsen. Diese Mikrobilder werden zunächst in einem Computer verrechnet, um daraus ein 3D Bild entstehen zu lassen.

The raw image recorded by the light field camera consists of the many tiny images created by the 20,000 microlenses. All of these micro images are combined computationally to obtain a 3D image.

- a** Die Lichtfeldkamera erzeugt ein Rohbild. In dem vergrößerten Ausschnitt kann man gut die einzelnen Mikrobilder erkennen.

The light field camera creates a raw image. The individual micro images can be seen clearly in the enlarged section.



- b** Derselbe Punkt im Raum wird von benachbarten Mikrobildern an leicht unterschiedlichen Positionen abgebildet. Aus dieser Differenz lässt sich die Position des Punktes im 3D Raum bestimmen. Wenn man dies für alle Bildpunkte in allen 20.000 Mikrobildern macht, ergibt sich daraus eine Tiefenkarte des ganzen Bildes.

Neighboring micro images show the same point in space in slightly different positions. With this difference the position of this point can be determined in 3D space. When this process is realized with all pixels in all 20,000 micro images, it results in a 3D depth map of the entire image.



- c** Aus der Tiefenkarte und dem Rohbild lässt sich nun ein „normales“ 2D Bild erzeugen.

From the raw image and the depth map an 'ordinary' 2D image can be calculated.

- d** Kombiniert man nun die Tiefenkarte und das 2D Bild ergibt sich eine 3D Ansicht.

The combination of the depth map and the 2D image results in a 3D view.

Re-Fokussieren

Re-focusing



Die 20.000 Mikrolinsen nehmen 20.000 kleine Bilder aus leicht verschiedenen Perspektiven auf. Die Kamera speichert also neben der Farbe des einfallenden Lichts auch dessen Richtung. Folglich wird nicht nur ein einzelnes 2D Bild von der Kamera gespeichert, sondern das „Lichtfeld“.

Eine normale 2D Kamera nimmt nur einen kleinen Teil des gesamten Lichtfeldes auf. Ist also das gesamte Lichtfeld bekannt, können verschiedene 2D Kameras simuliert werden. Dies geschieht bei der Re-Fokussierung: Man simuliert 2D Kameras mit unterschiedlichen Fokuseinstellungen.

The 20,000 microlenses capture 20,000 micro images from slightly different perspectives. In addition to the color of the light, the camera also records its direction. Therefore, the camera captures not just a single 2D image rather a 'light field'.

A standard 2D camera can only capture a small part of the entire light field. If, however, the whole light field is known, many different 2D cameras can be simulated. Therefore when you re-focus an image, you simulate 2D cameras with different focal settings.

a Alle Teile des Bildes sind im Fokus.

All parts of the image are in focus.

b Dieses Bild simuliert die Aufnahme einer herkömmlichen 2D Kamera, in der die Fokusebene auf dem Hintergrund liegt.

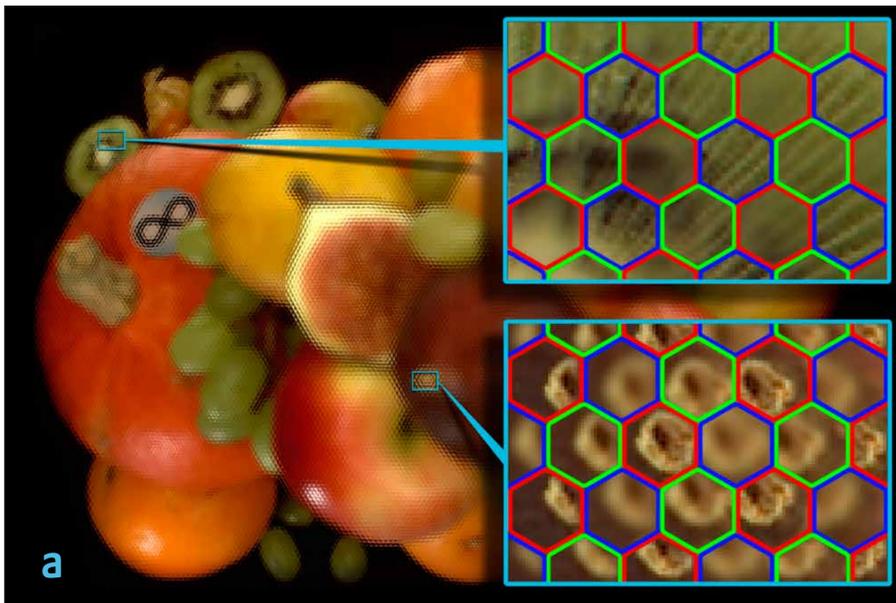
This image simulates a photo taken with a standard 2D camera focusing on the background.

c Hier sieht man das Ergebnis, wenn die Fokusebene auf den Vordergrund gelegt wird.

In this particular image the focus plane was placed in the foreground.

Erweiterte Schärfentiefe

Extended Depth of Field



Die Raytrix Lichtfeldkameras verwenden ein spezielles, patentiertes Mikrolinsenarray, das aus Mikrolinsen mit unterschiedlichen Brennweiten besteht. Hierdurch kann die Schärfentiefe deutlich erweitert werden.

The Raytrix light field cameras use specialized, patented microlens arrays, which consist of microlenses with different focal lengths. Through this, the total depth-of-field can be extended significantly.

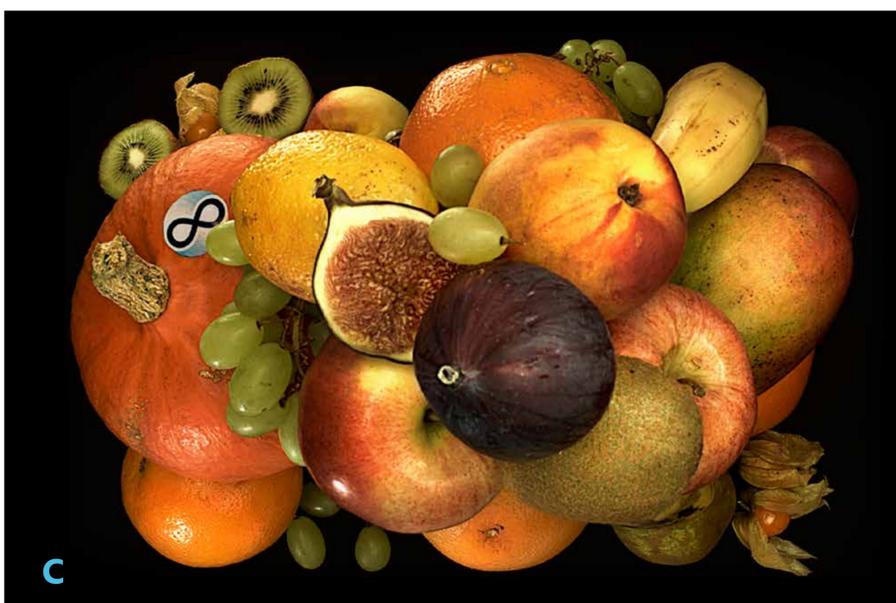
a Die unterschiedlichen Mikrolinsentypen sind farblich gekennzeichnet. Man sieht, dass im Nahbereich ein anderer Linsentyp im Fokus ist als im Fernbereich.

The different microlens types are marked with different colors. For the close range a different type of lens is in focus than for the far range.



b Das Bild einer normalen Kamera mit 11 Megapixel Auflösung, fokussiert auf die Kiwis im Hintergrund.

A picture of a standard camera with 11 megapixels resolution, focusing on the kiwis in the background.



c Die Aufnahme einer Raytrix Lichtfeldkamera mit 11 Megapixel Bildsensor, ebenfalls fokussiert auf die Kiwis. Im Vergleich zu der normalen Kamera wird der Vordergrund wesentlich schärfer abgebildet.

A picture of a Raytrix light field camera with an 11 megapixel image sensor, also focused on the kiwis. The foreground is considerably sharper in focus in comparison to the standard camera.

Fotografie

Photography



Die Vorteile der Lichtfeldkamera für die Fotografie liegen vor allem in den neuen Möglichkeiten der Foto-Nachbearbeitung:

The advantages of the light field camera used for photography lie particularly in the digital image post-processing:

a Die Tiefenkarte kann zur tiefenabhängigen Anwendung von Bildfiltern eingesetzt werden.

The depth map can be used for the depth dependent application of image filters.



b Erweiterter Schärfentiefebereich.

Extended depth-of-field.



c Simulation von unterschiedlichen Brennweiten.

Simulation of different focal lengths.



d Einfache Trennung von Vorder- und Hintergrund.

Simple separation of fore- and background.

e Selektive, nachträgliche Veränderung der Fokusebene.

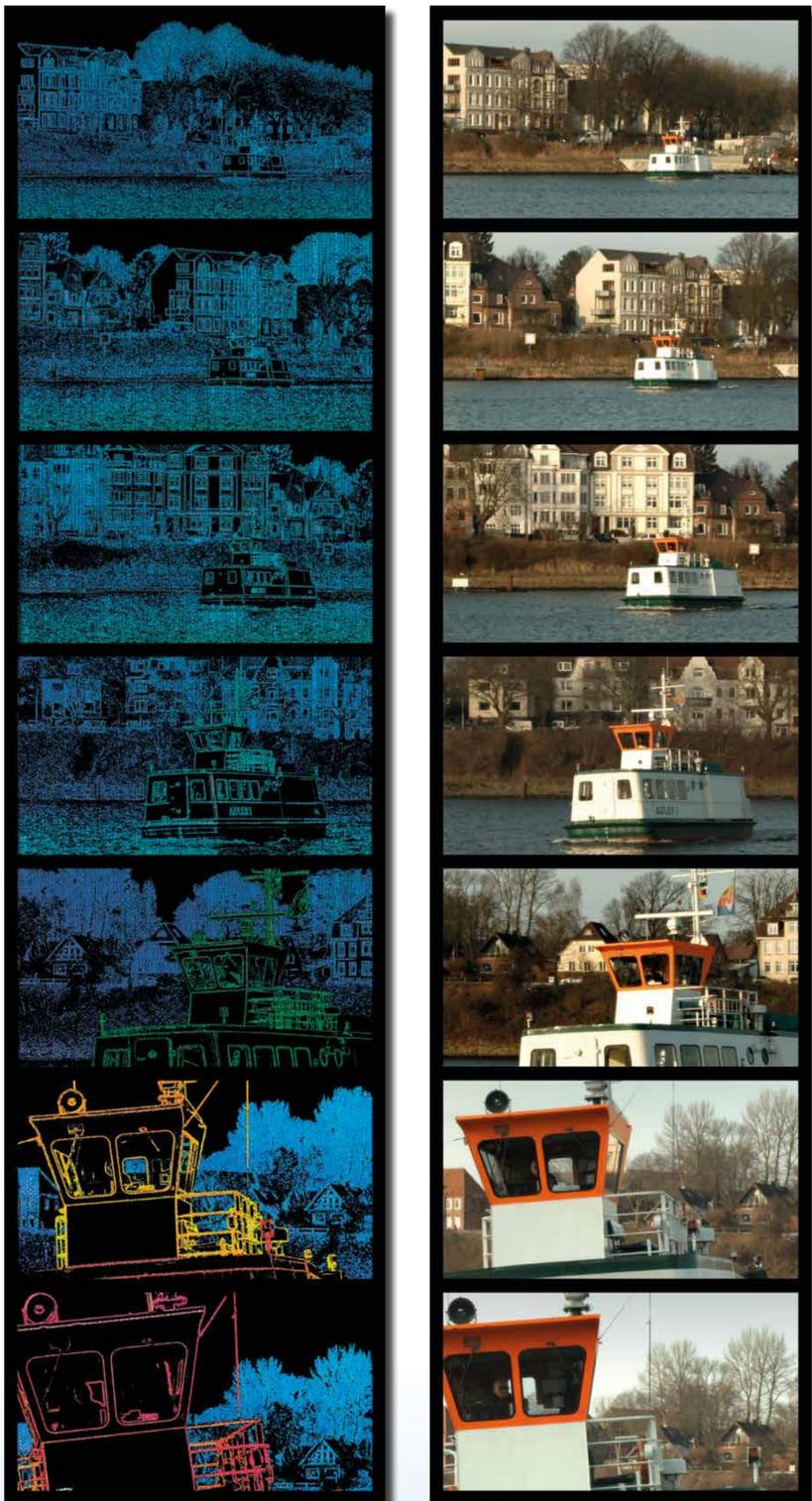
Subsequent selective change of the focus plane.

z



Film

Video



Da die gesamte 3D Information aus nur einer Aufnahme der Lichtfeldkamera berechnet werden kann, spielt die Bildfrequenz keine Rolle. Es können daher auch Lichtfeldvideos aufgenommen werden. Dadurch lassen sich alle Nachbearbeitungseffekte, die bei Fotos möglich sind, auch auf Videos anwenden.

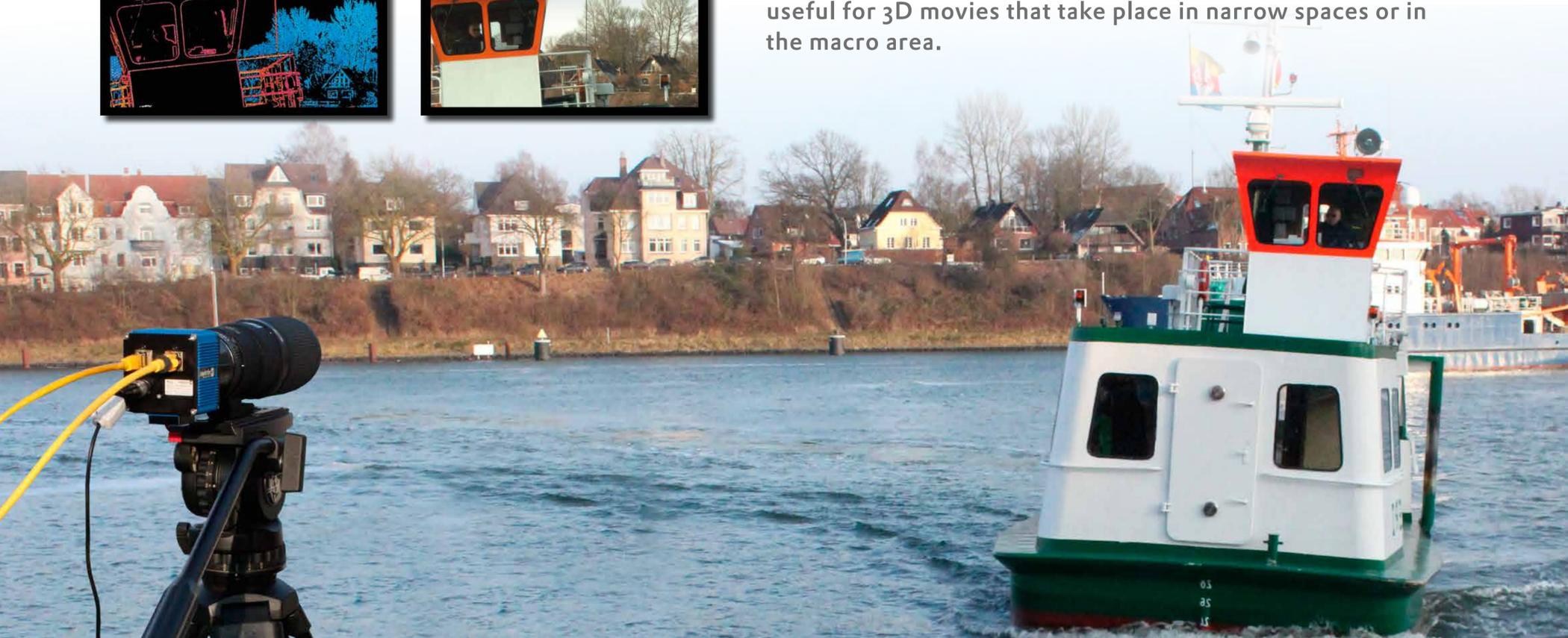
Die Arbeit des Kameraassistenten wird z. B. durch die nachträgliche Fokussierung stark vereinfacht oder ganz ersetzt. Auch können die Aufnahmen von unbemannten Kameras, wie z. B. von Tauch-Robotern oder von Kamerafallen für Tieraufnahmen, effektiver genutzt werden.

Natürlich ist es auch möglich, 3D Filme mit einer Lichtfeldkamera zu erstellen. Man braucht also nicht mehr wie bisher zwei parallel zueinander ausgerichtete 2D Kameras, sondern kommt mit nur einer Lichtfeldkamera aus. Bei Filmen, die im Makrobereich oder engen Räumlichkeiten stattfinden, ist dies ein besonderer Vorteil.

As the entire 3D information results from just a single shot of the light field camera, it is therefore independent of the camera's frame rate. This means it is also possible to create light field videos. The same post-processing effects used in light field photography can also be applied to a video.

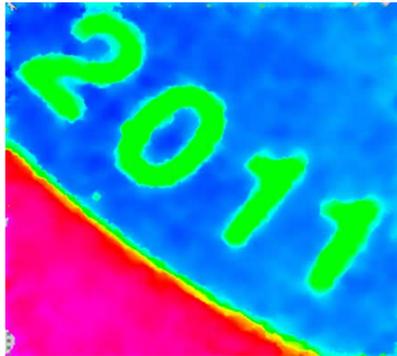
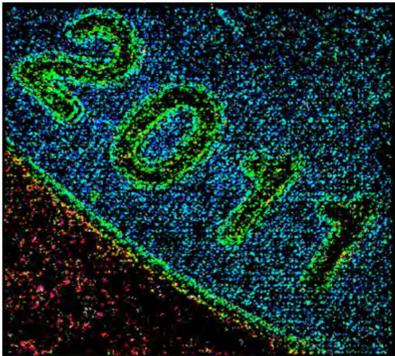
Thanks to the focusing in post-production, the focus puller's task becomes a lot simpler or even redundant. Furthermore, videos from unmanned cameras (e.g. mounted on deep-sea diving robots or used in camera traps for wild-life films) can be used more effectively.

Naturally, it is also possible to make 3D movies with a light field camera. Today's state of the art technique, two 2D cameras aligned parallel, is however not necessary. Only one light-field camera is needed which is particularly useful for 3D movies that take place in narrow spaces or in the macro area.



Mikroskopie

Microscopy

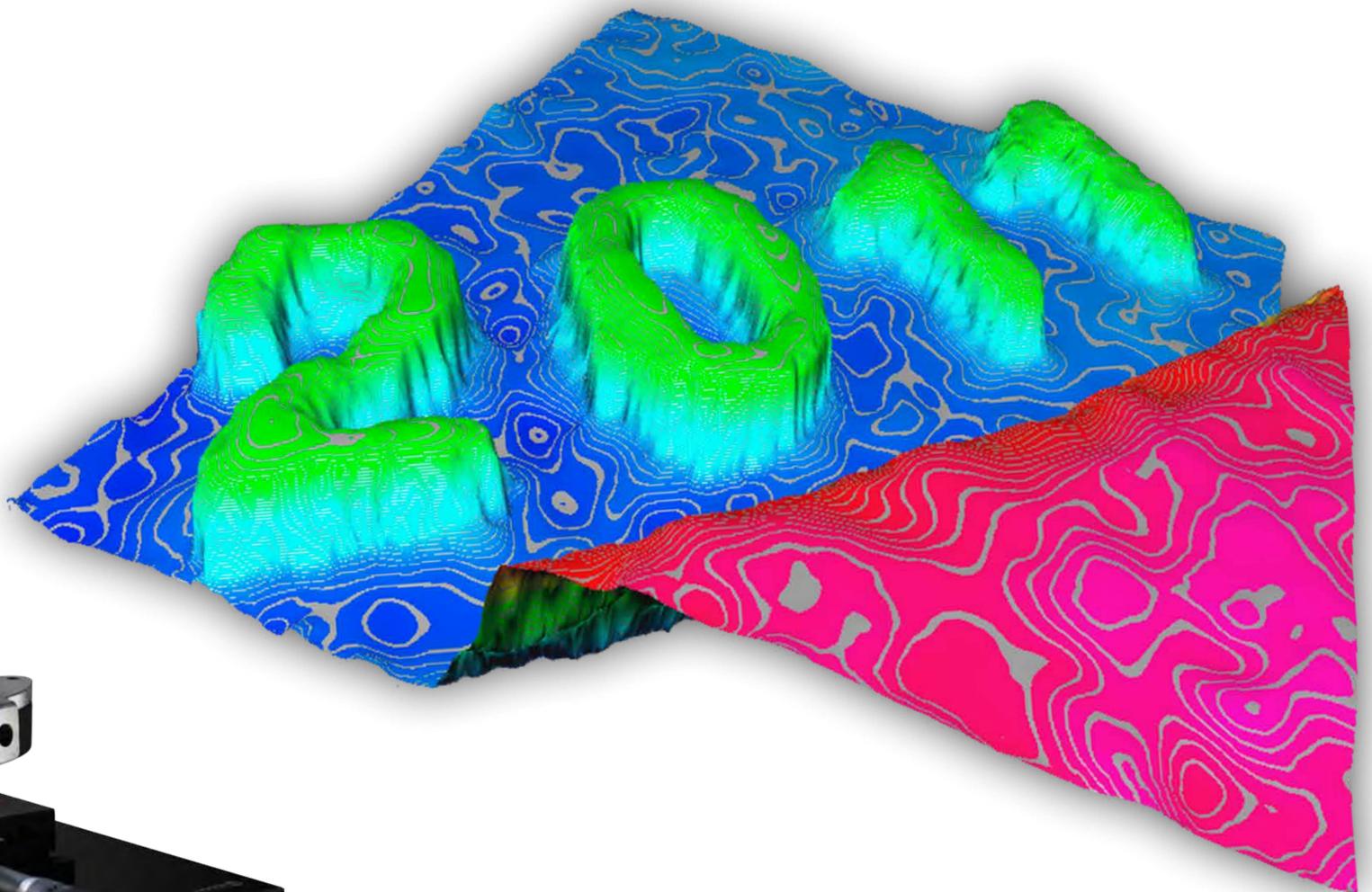
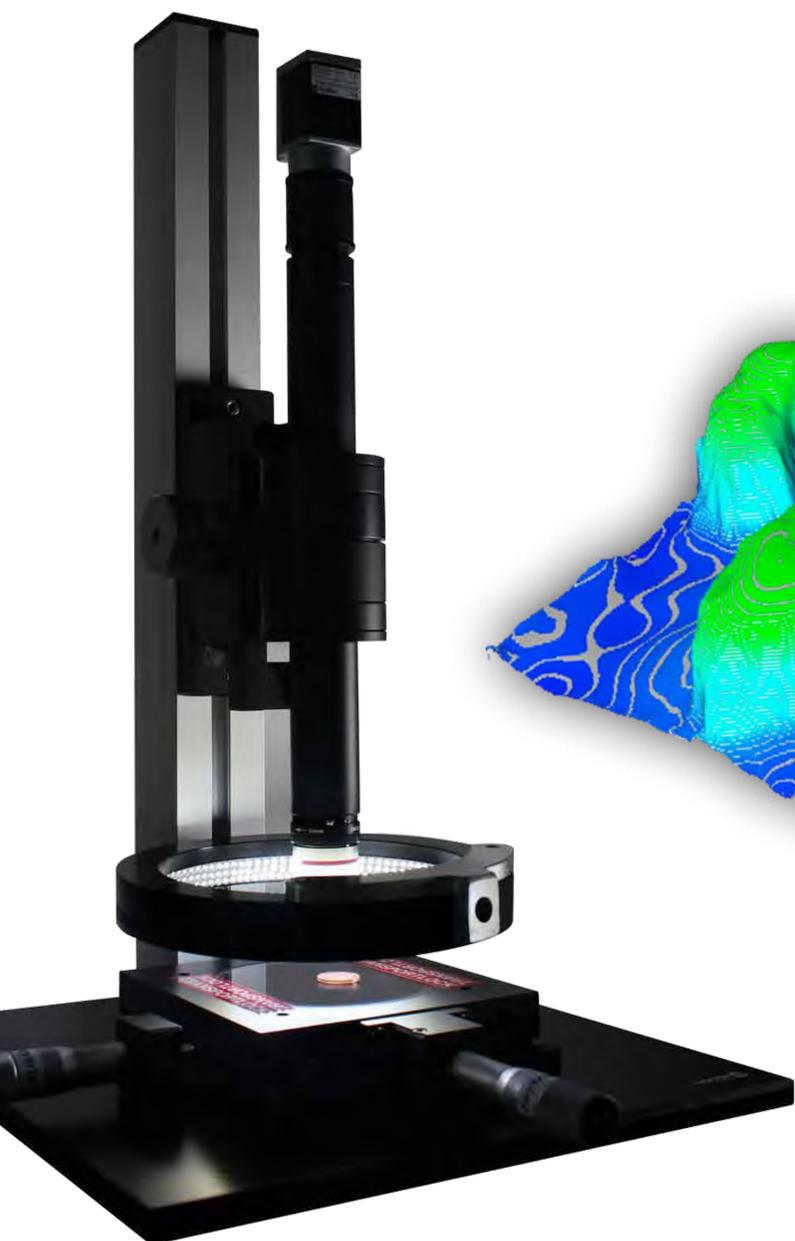


Ein allgemeines Problem der herkömmlichen Mikroskopie ist die optische Einschränkung: Je höher die Vergrößerung, umso geringer ist die Schärfentiefe. Um ein Objekt in seiner Gänze zu fotografieren, muss das Objekt stufenweise durchfokussiert und ein ganzer Bildstapel aufgenommen werden. Dadurch wird es aber schwierig bewegliche Objekte zu fotografieren oder Videoaufnahmen zu erstellen.

Das Raytrix Lichtfeld Mikroskop erlaubt Aufnahmen mit bis zu 180 Bildern in der Sekunde und einer großen Schärfentiefe.

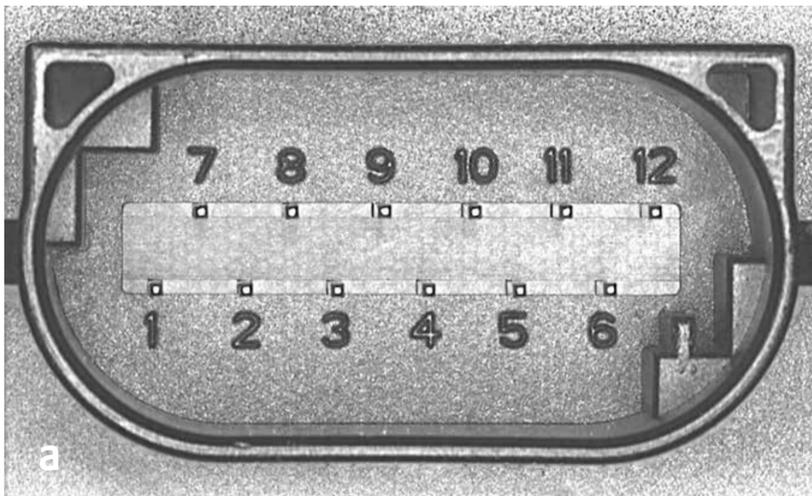
A general problem with conventional microscopy is the shallow depth of field. This means that in order to photograph a fully focused object a whole stack of images with different focal settings needs to be captured and combined computationally. However, taking pictures of moving objects in this way is next to impossible.

The Raytrix light field microscope can record images with up to 180 frames per second and has a large depth-of-field.



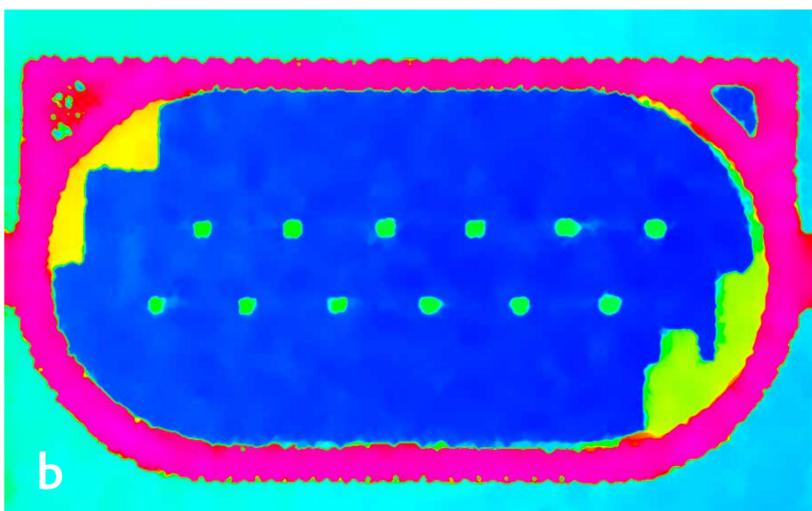
Industrielle Anwendungen

Industrial Applications



In der Produktion von industriellen Bauteilen ist es neben der Inspektion der Oberflächen auch wichtig, die 3D Form der Bauteile zu überprüfen. Die Lichtfeldkamera erlaubt, sowohl die Oberfläche als auch die 3D Form mit einem einzigen Bild aufzunehmen. Da die Lichtfeldkamera nur ein Objektiv benötigt, können auch kleinste Objekte oder Objekte an Stellen, die sonst nur schwer in 3D aufzunehmen sind, aufgenommen werden.

In the production of industrial components it is important to not only inspect their surface but also their 3D shape. The light field camera can carry out both: recording of a surface and a 3D shape with a single shot. As the light field camera only requires a single lens, small details that are visually difficult to photograph in 3D can be recorded.



a Das rekonstruierte 2D Bild eines Steckers für die Oberflächenprüfung.

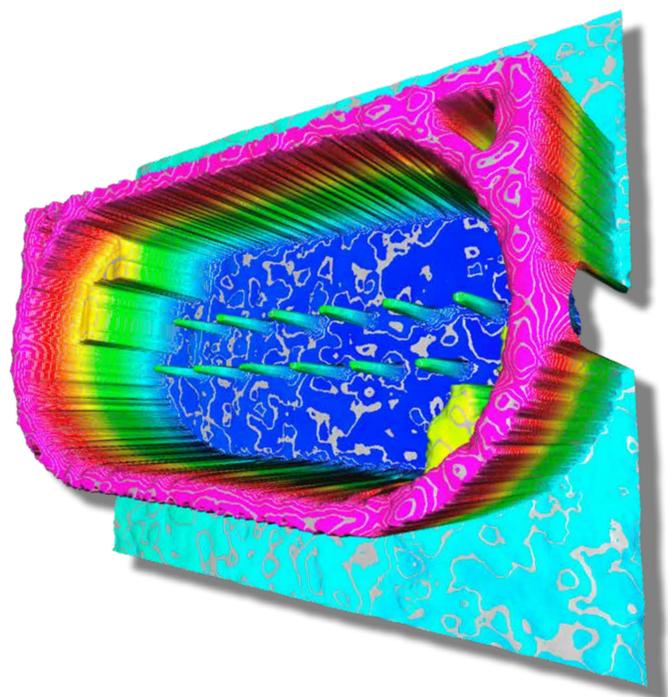
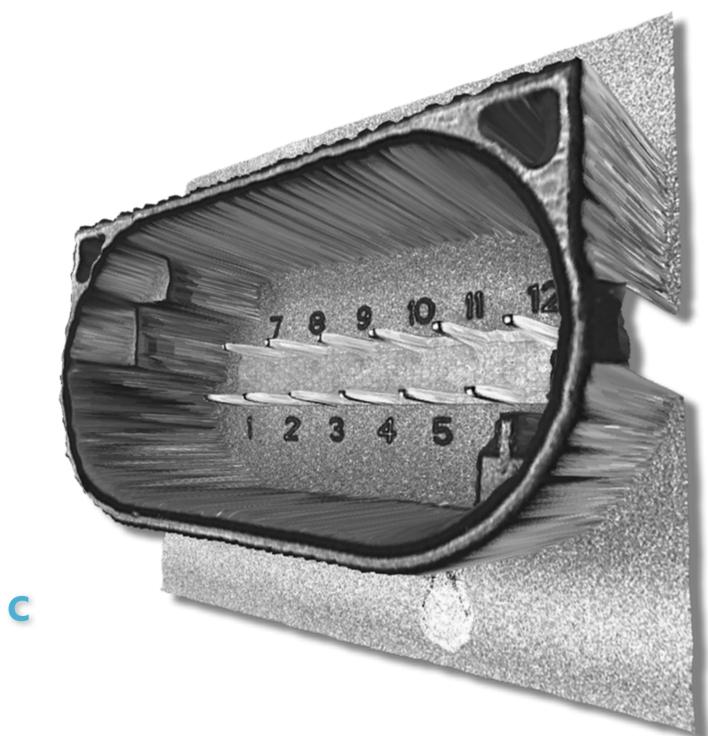
A reconstructed 2D image of a connector for surface inspection.

b Die 3D Karte des Steckers, mit der man z.B. auch die Pinhöhen bestimmen kann.

A 3D map of the connector that can be used to measure the pin heights.

c 3D Ansichten des Steckers.

3D views of the connector.



Forschung, Botanik

Research, Botany

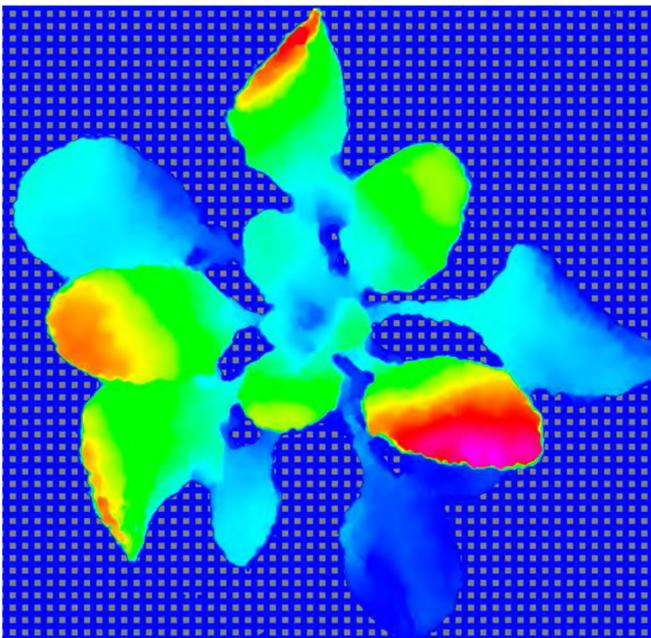


Mit Lichtfeld-Technologie den Geheimnissen des Pflanzenwachstums auf der Spur

Die Wissenschaftler des Max Planck Instituts für Molekulare Pflanzenphysiologie in Potsdam beobachteten, dass sich die Ausrichtung der Blätter vieler Pflanzen tags und nachts stark verändert. Um dieses Phänomen dokumentieren zu können, brauchen sie ein zuverlässiges Messverfahren, welches nicht, wie z. B bei einer Laserabtastung, das Pflanzenwachstum beeinflusst.

Es hat sich gezeigt, dass die Lichtfeldkamera die praktikabelste Lösung für diese Aufgabe ist. Die Raytrix Infrarot-Lichtfeldkamera ermöglicht die genaue Messung des Flächeninhalts der Blätter und eine Analyse der sich ständig ändernden Blattwinkel.

Investigating the secrets of plant growth with Light Field Technology



The scientists of the Max Planck Institute of Molecular Plant Physiology in Potsdam observed that the alignment of leaves of many plants change significantly between day and night. To document this phenomenon quantitatively they needed a reliable measurement system that did not influence the plants growth which, for example, is seen in laser scanning.

It became apparent that the light field camera is the most practicable solution for this task. The Raytrix infrared light field camera enables the accurate measurement and analysis of both, the surface area of the leaves, and their changing angles.

