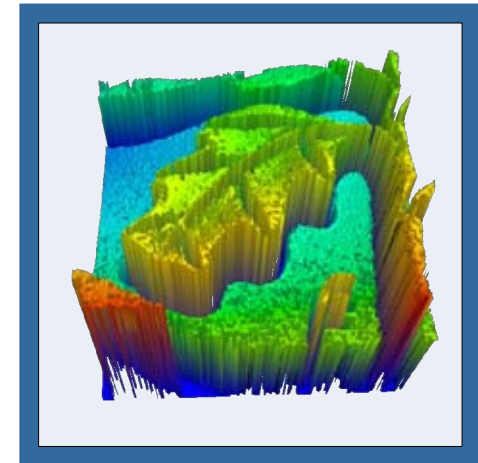
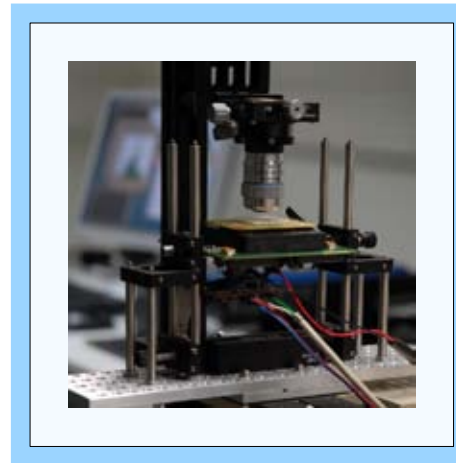
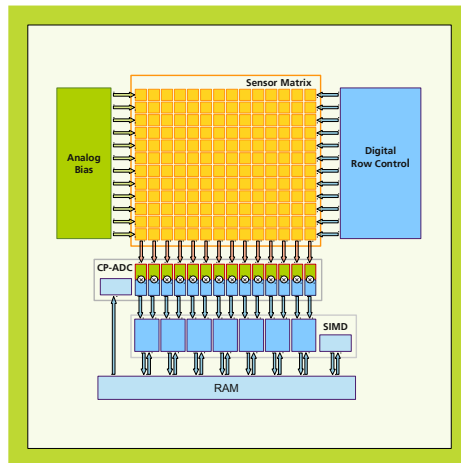


ENTWICKLUNG EINES SCHNELLEN BILDSENSORS MIT HOCHPARALLELERER ANALOGER SIGNALVERARBEITUNG

Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen,
Institutsteil Entwurfsautomatisierung IIS/EAS

Dr.-Ing. Jens Döge



Technische und wirtschaftliche Herausforderungen

Bildsensoren allgemein

- Empfindlichkeit und Effizienz
- Thermisches Management und Packaging
- Größe und Anzahl der Pixel in Bildsensoren
- Kosten
- Optische Leistungsfähigkeit nahe am menschlichen Auge
- IP zur Sicherstellung einer langfristigen Marktteilnahme

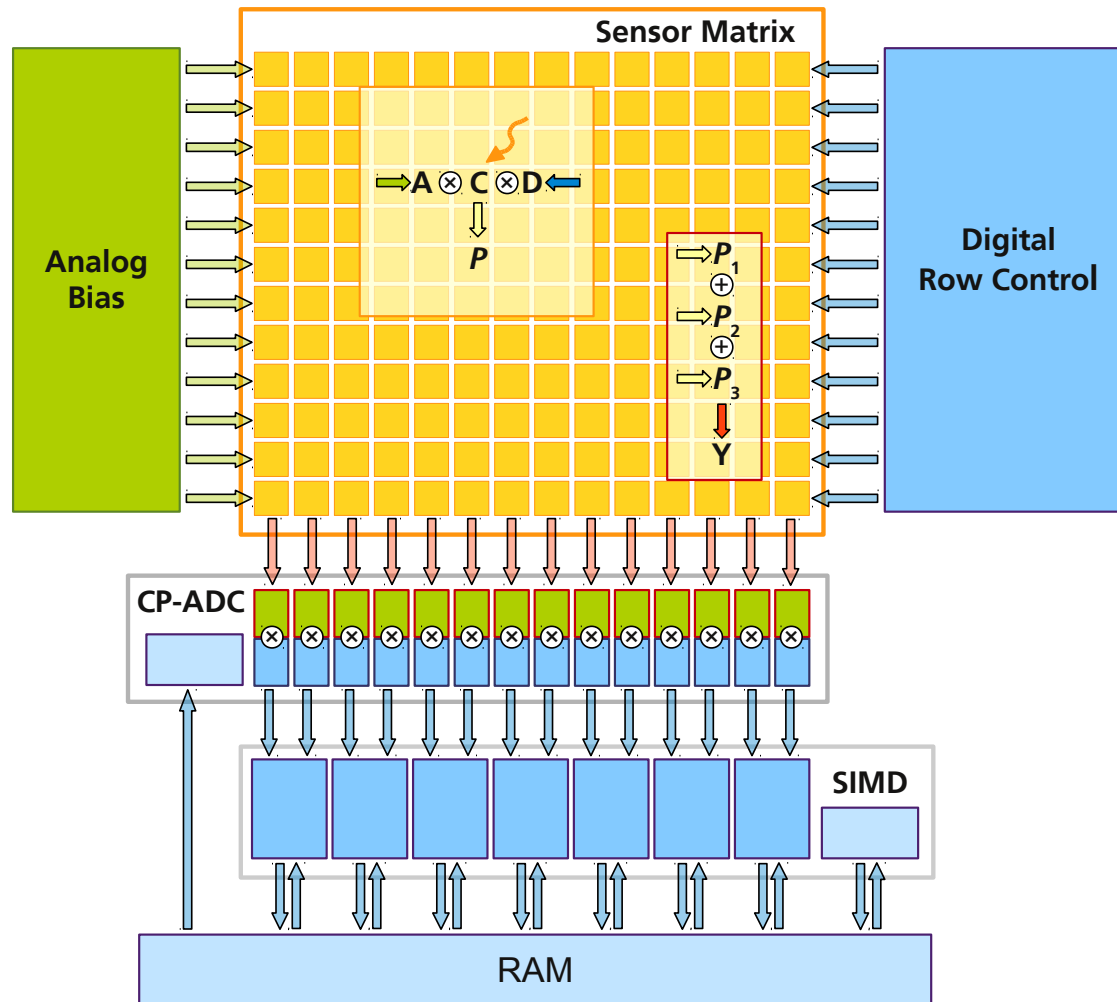
Situation in Europa

- Enormer Bedarf an Bildsensoren in allen Wirtschaftsbereichen
- Nur relativ geringer Anteil an Design und Fertigung

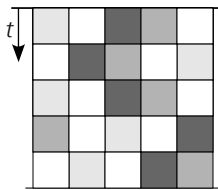
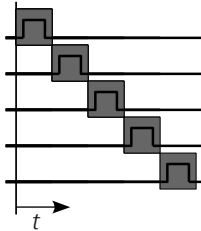
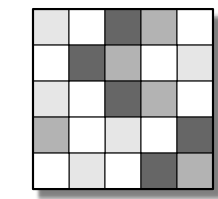
Quelle: The Future of Image Sensors, Pira Int. Ltd. 2009

2

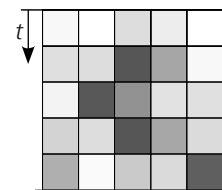
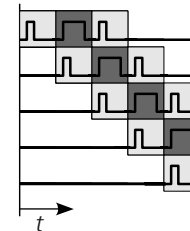
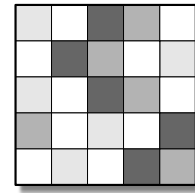
Ladungsbasierte Sensor-Prozessor Architektur



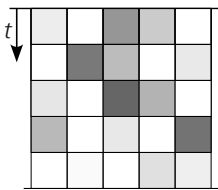
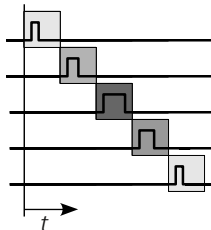
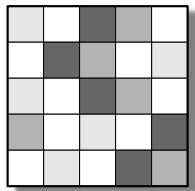
Ladungsbasierte Sensor-Prozessor Architektur



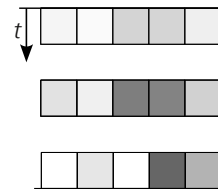
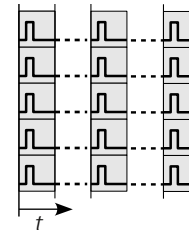
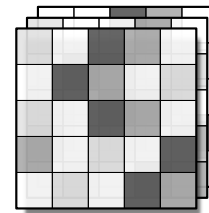
- Auslesen
 - Normal oder
 - Fensterung



- 1D Faltung
 - Glättung oder
 - Kantendetektion



- Wichtung
 - Anhebung
 - Absenkung oder
 - Adaption



- Zeitliche Filterung
 - m. Zeilenwichtung
 - mit / ohne Reset der Pixel

Ladungsbasierte Sensor-Prozessor Architektur

■ Pixel

- kontinuierlich oder integrierend
- logarithmisch oder linear
- Empfindlichkeit über AP einstellbar

■ Auslesen der Matrix

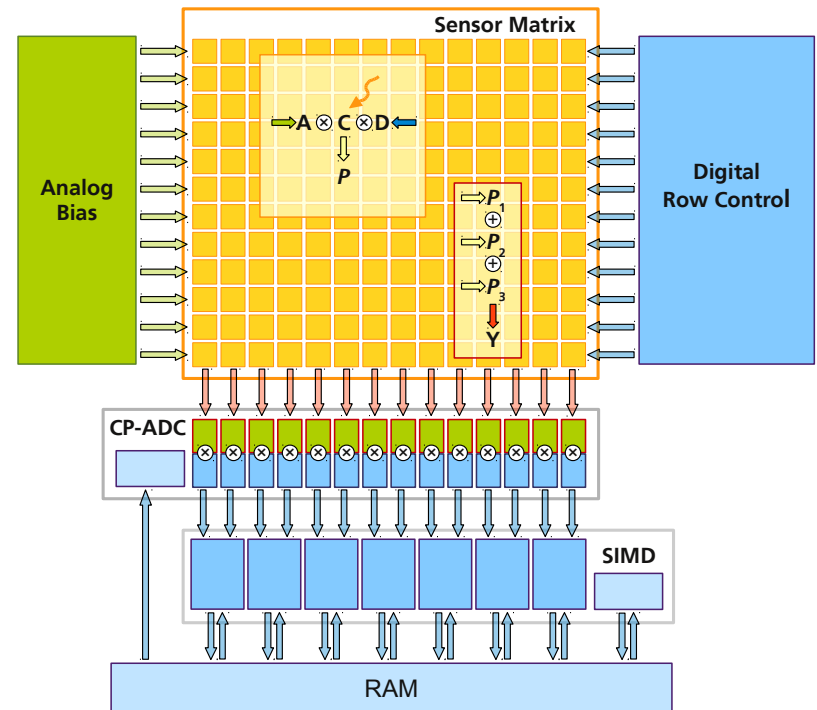
- örtliche / zeitliche Signalverarbeitung
- 1D-Faltung beim Auslesen

■ ADC

- hohe Wandlerrate durch CP-SAR
- Auflösung vs. Taktzahl einstellbar

■ Digitale Signalverarbeitung

- zugeschnittene Algorithmen
- Integrierter RAM



Testchip in 180 nm CMOS-Technologie

■ Pixel

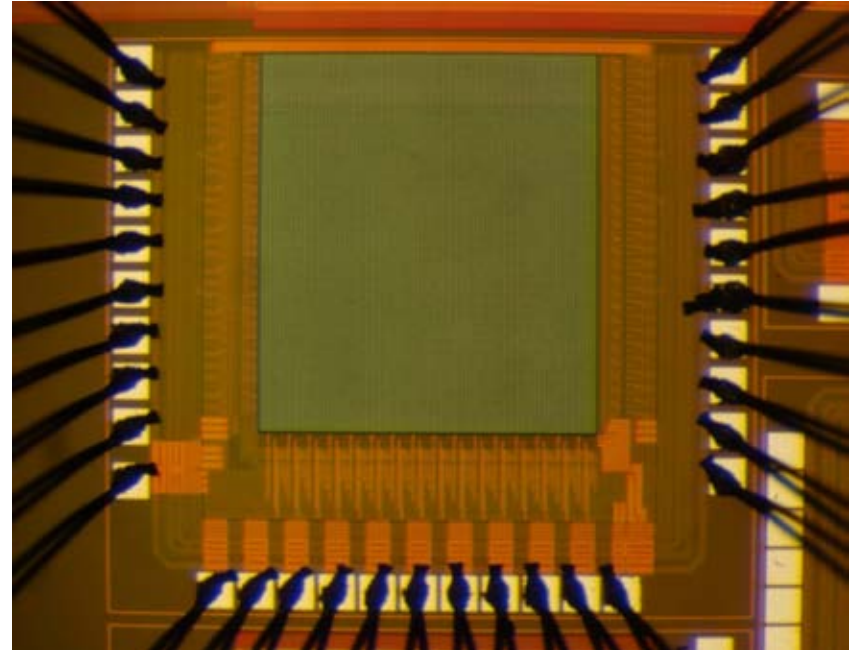
- $8.75 \times 8.75 \mu\text{m}^2$ bei 40% Füllfaktor
- Dynamikumfang $>120 \text{ dB}$ (log)

■ Sensormatrix

- 98×110 Pixel
- davon 98×16 nur Photodioden
- Stromausgang des Photo-FET
- Spannungsausgang über SF

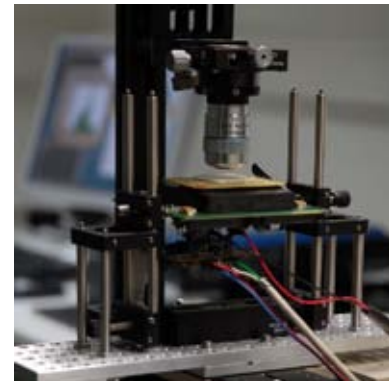
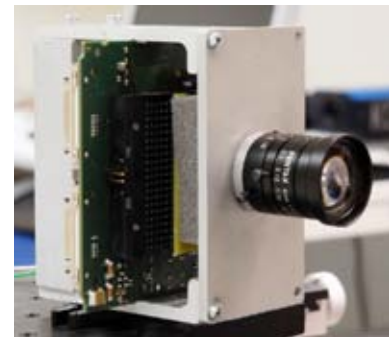
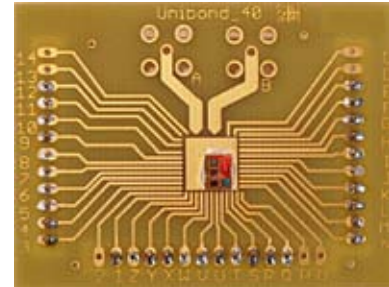
■ Sensor

- $1.65 \times 1.5 \text{ mm}^2$
- integrierter I-U-Wandler
- zwei analoge Treiber
- Adressierung mittels Schieberegister



Bildsensor-Testumgebung

- Bildsensormodul (Chip on Board)
- Basissystem
 - ZIF-Sockel für Bildsensormodul
 - FPGA-Mikromodul (RAM, Soft- μ C)
 - Hochpräziser Oszillator
 - USB und 2 x CameraLink
 - 1 ADC 12 Bit, 40 MSPS
 - 8 DAC 12 Bit, SPI mit 16 MHz
- Analoge Bias-Module
 - 2 programmierbare U/I Quellen,
 - kaskadierbar bis 128 Module
 - USB, I2C, Master/ Slave
- Software
 - Firmware (C, VHDL)
 - Kamera-Frontend (Java)
 - Messsoftware (Python)



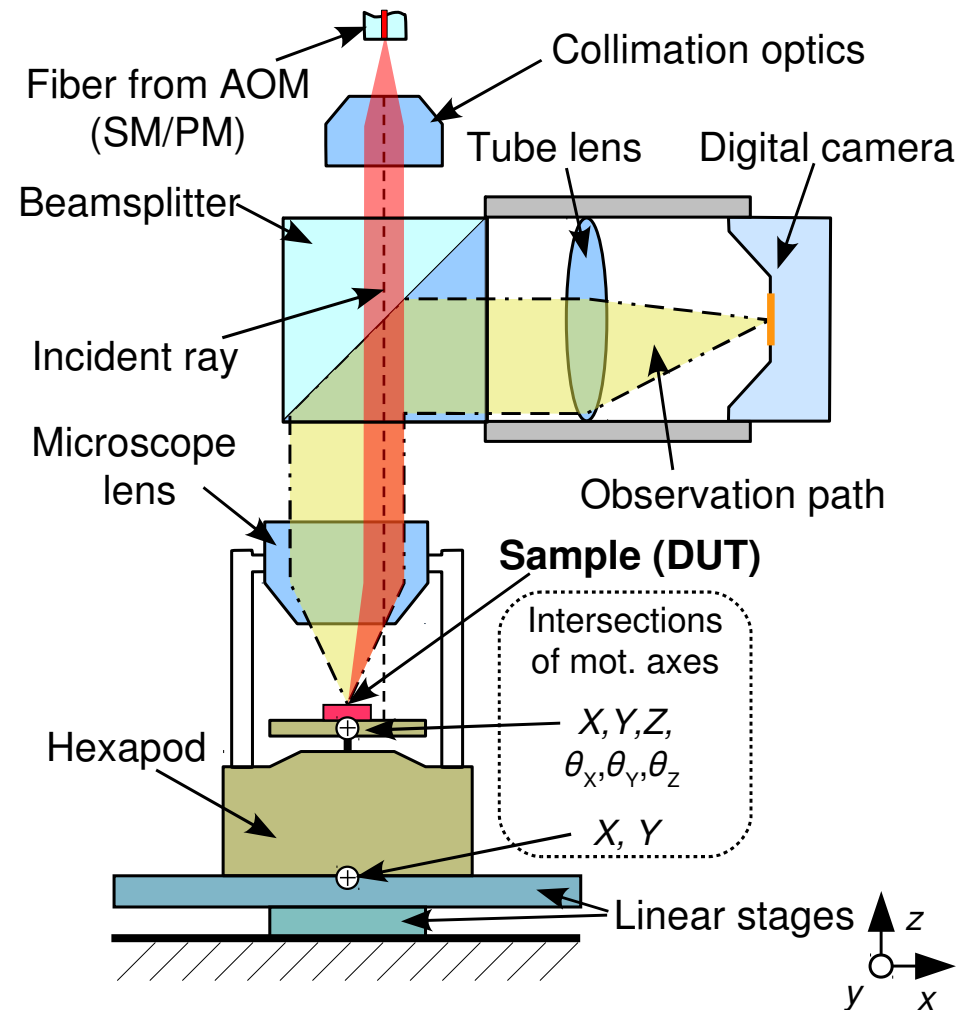
Messaufbau zur optischen Vermessung von Bildsensoren

■ Optik

- **Visualisierung** von Probe und Laserspot
- **Einfallswinkel** durch Position des Objektivs einstellbar
- **Spotposition** durch Probenbewegung einstellbar

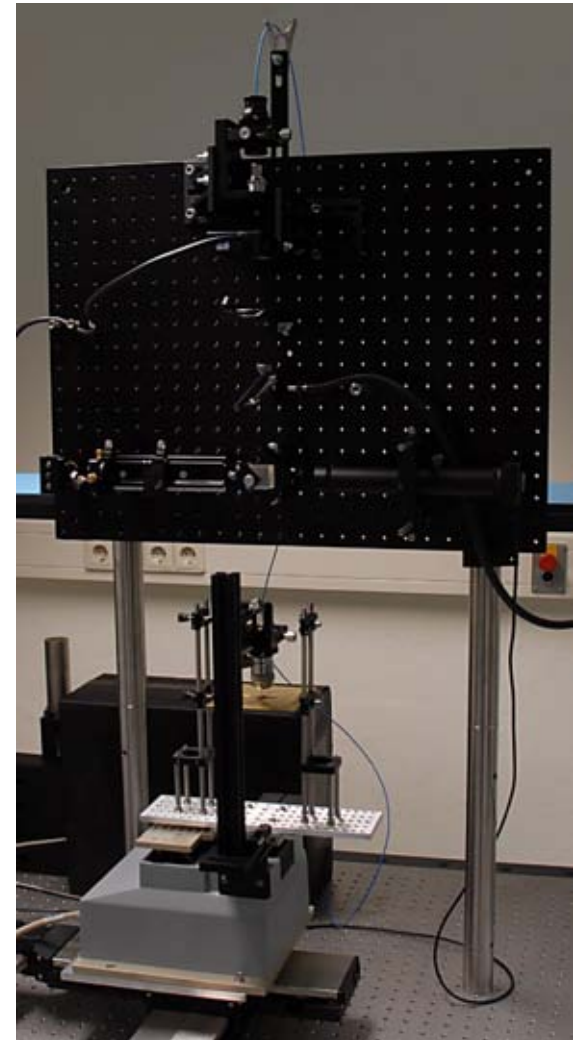
■ Mechanik

- Positionierung der Probe durch **Hexapod** (± 6 mm, A:100 nm, W: 300 nm)
- Winkeleinstellung durch **XY-Tisch** (A: 1 μ m)



Messaufbau zur optischen Vermessung von Bildsensoren

- Laserquelle mit $\lambda = 400..1100 \text{ nm}$
- **Spot**-Durchmesser $< 1 \mu\text{m}$ möglich, je nach Objektiv
- Sub-Pixel-Auflösung (**300 nm**) für die **Position** des Spot auf dem Bildsensor
- **Einfallswinkel** über Objektivposition und Hexapod einstellbar (**ca. $\pm 10^\circ$** u. **max. $\pm 5^\circ$**)
- Stark und schwach divergente Gauß-Strahlen je nach Objektivkombination
- **inhomogene** oder **homogene** Ausleuchtung
- **axiale Vermessung** der Probe (Höhenprofil) über Schärfentiefe ($< 1 \mu\text{m}$) möglich
- Aufbau erweiterbar für **Weißlicht-Interferometrie**

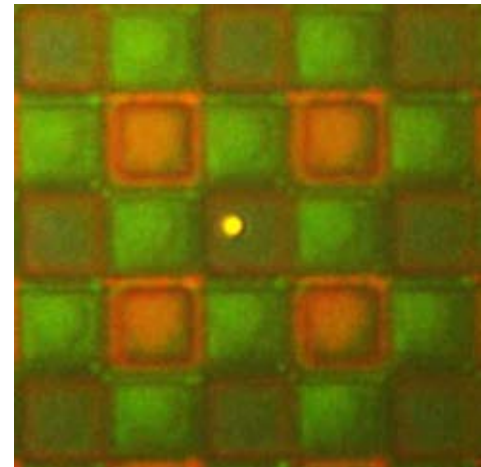


Optische Messungen an verschiedenen Bildsensoren

■ Laserspot auf Bildsensor-Pixelzelle

(Chip: IIS / ICDA)

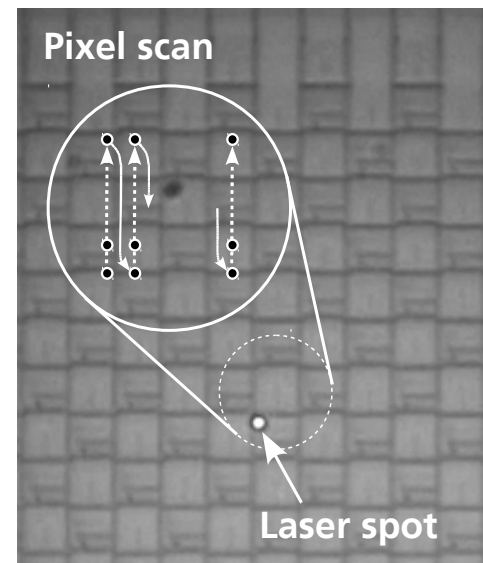
- RGGB Sensor mit 3 μm Pixel Pitch
- $\lambda_{\text{spot}} = 590 \text{ nm}$
- $\varnothing_{\text{spot}} < 1 \mu\text{m}$



■ Scannen eines Ausschnitts eines Bildsensor-Testchips

(Chip: Univ. o. Santiago de Compostela)

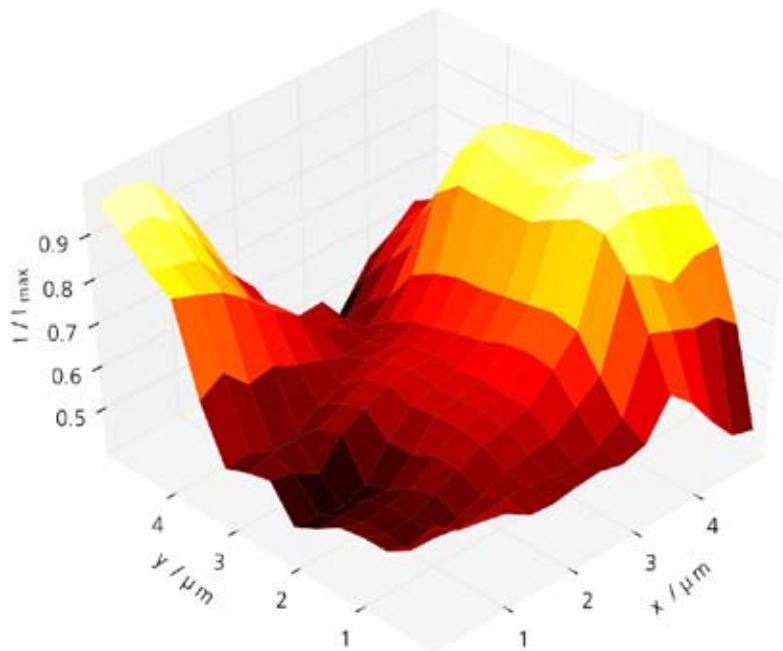
- Sensormatrix mit 4 x 4 μm^2 Pixeln in Schachbrett-Anordnung
- $\lambda_{\text{spot}} = 500 \text{ nm}$
- $\varnothing_{\text{spot}} = 0.5 \mu\text{m}$



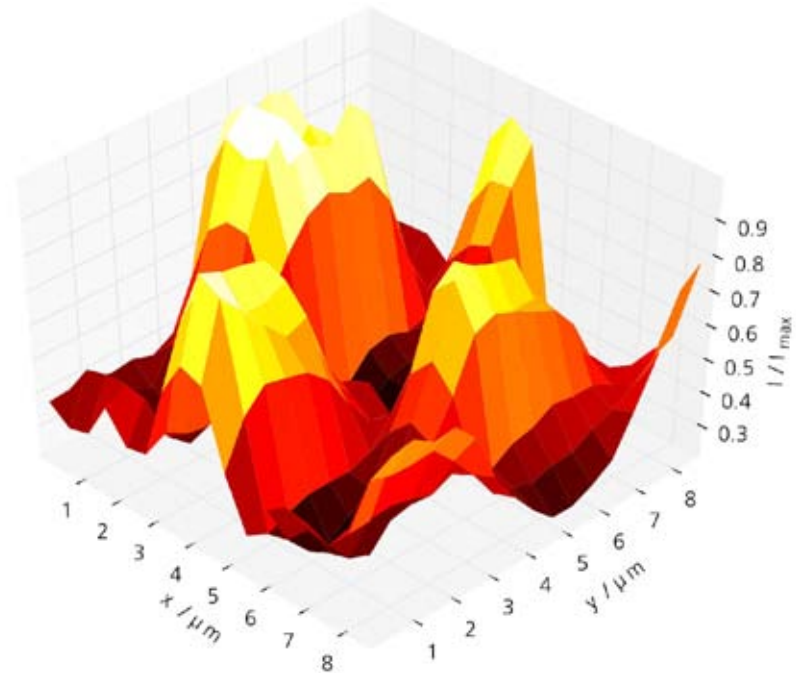
Optische Messungen an verschiedenen Bildsensoren

Messung der relativen lokalen Empfindlichkeit (I/I_{\max}) an Bildsensor-Testchip (2) bei verschiedenen Schrittweiten und Scanbereichen

■ $\Delta xy = 0.3 \mu\text{m}$

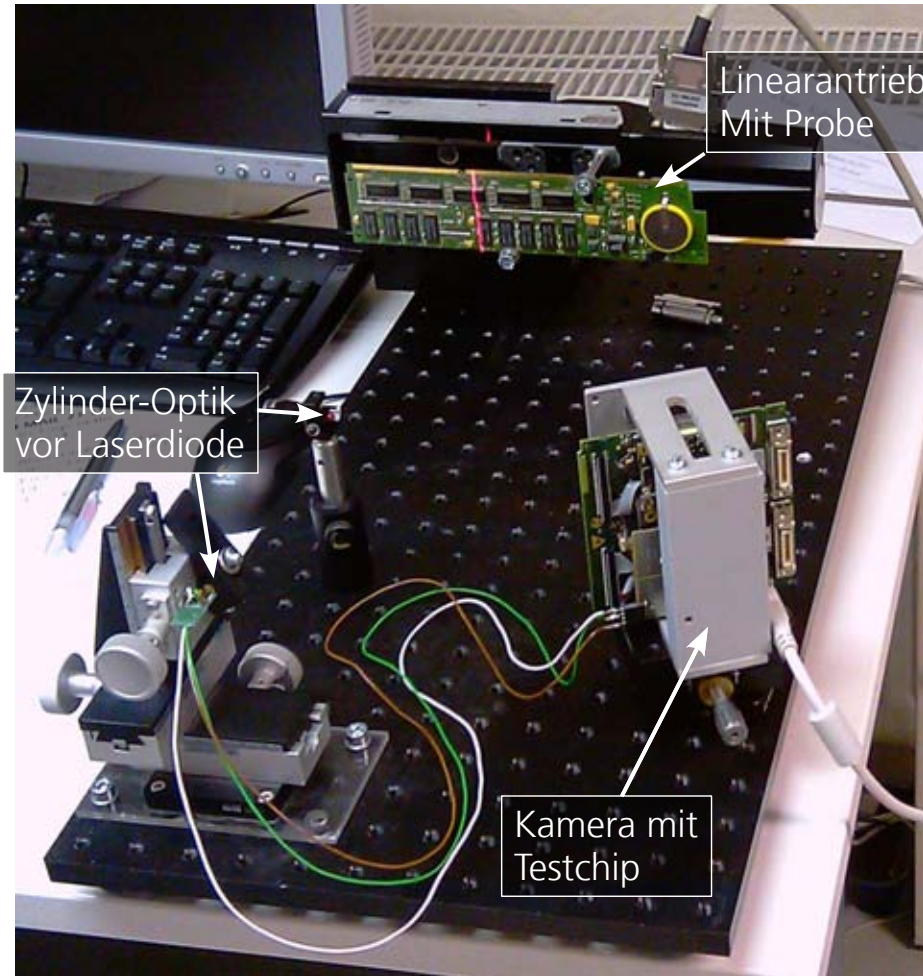


■ $\Delta xy = 1 \mu\text{m}$

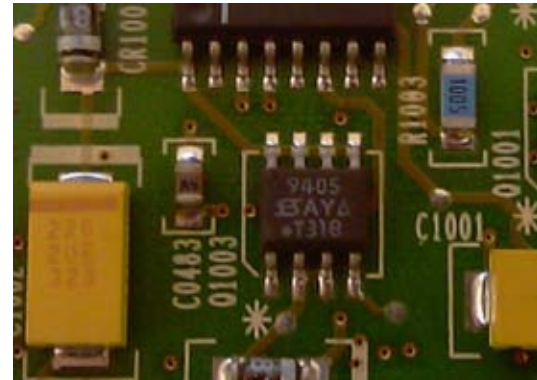


Anwendung 1: Laser-Lichtschnitt

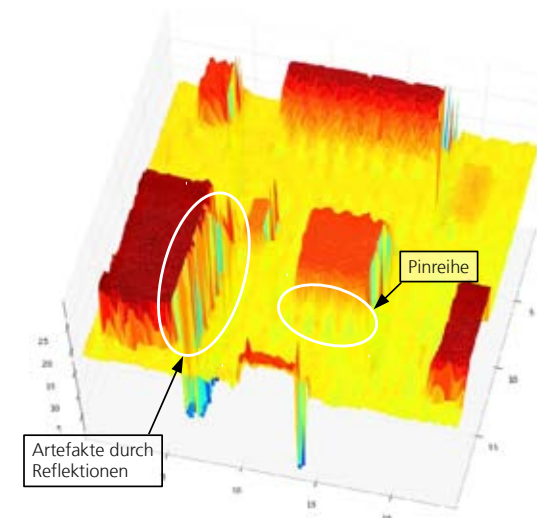
Messaufbau



Messobjekt (PCB)



Zugehöriges Höhenprofil



Anwendung 2: Weißlicht-Interferometrie

Messobjekt: 2 Ct Münze



Zugehöriges Höhenprofil

