
INTELLIGENTE MULTISENSOREN

Willi Neudeck, Bastian Binder, Jörg
Bretschneider, Jens Döge, Peter Reichel,
Andreas Wilde



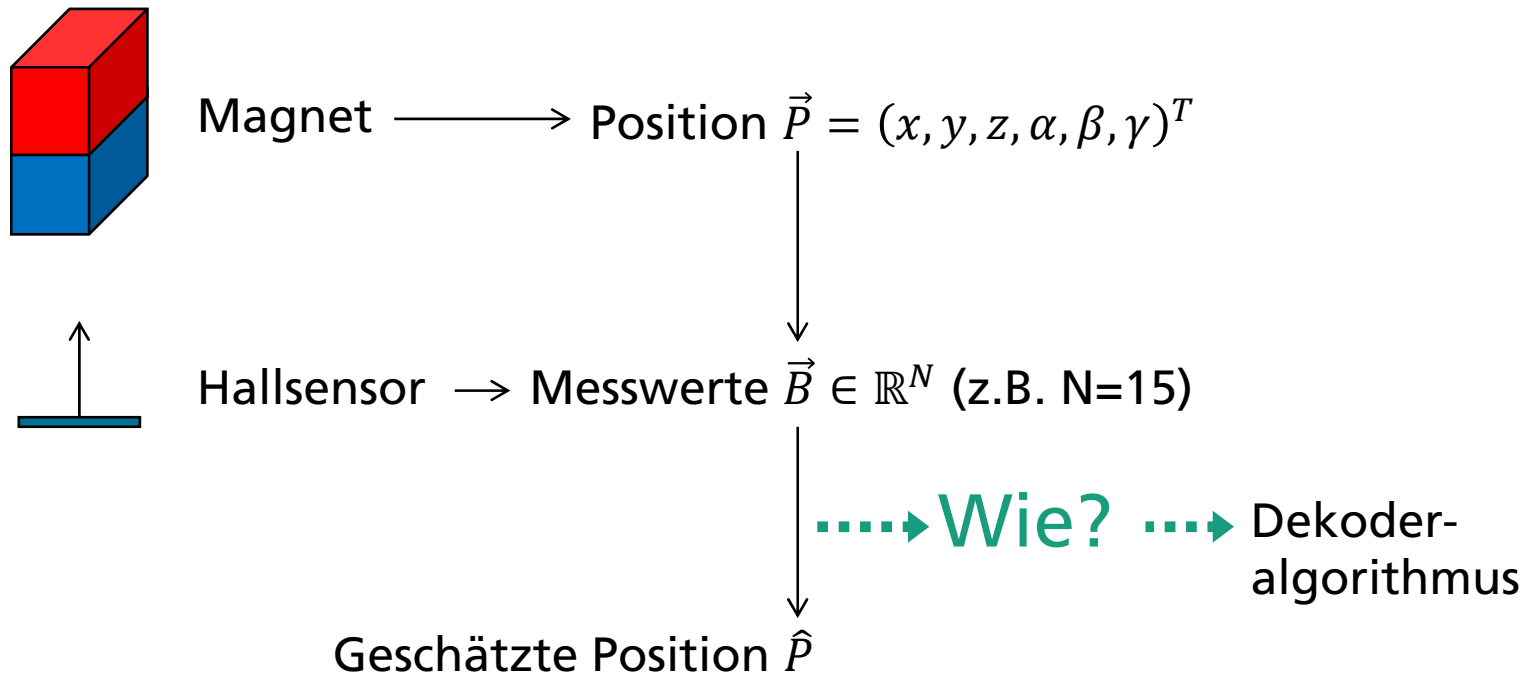
Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen (IIS)
Institutsteil Entwurfsautomatisierung (EAS)

Einführung

Sensorik-Trends:

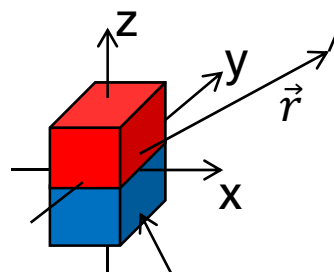
- Genauer, empfindlicher, schneller: Neue Materialien, Technologien
- Intelligenter: Kombination vieler Sensoren
 - Erfassung von komplexen Szenen für Mensch-Maschinen-Interaktion
 - Extraktion von relevanten Informationen aus mehreren / vielen Einzelmessungen, Datenfusion

Beispiel 1: Positionsbestimmung durch Magnetsensorik



Beispiel 1: Positionsbestimmung durch Magnetsensorik

- z.B.: Magnetfeld eines Quadermagneten



The diagram shows a 3D coordinate system with axes x, y, and z. A rectangular magnet is positioned at the origin, with its top half colored red and its bottom half colored blue. A vector $\vec{r}$ originates from the center of the magnet and points into the 3D space.

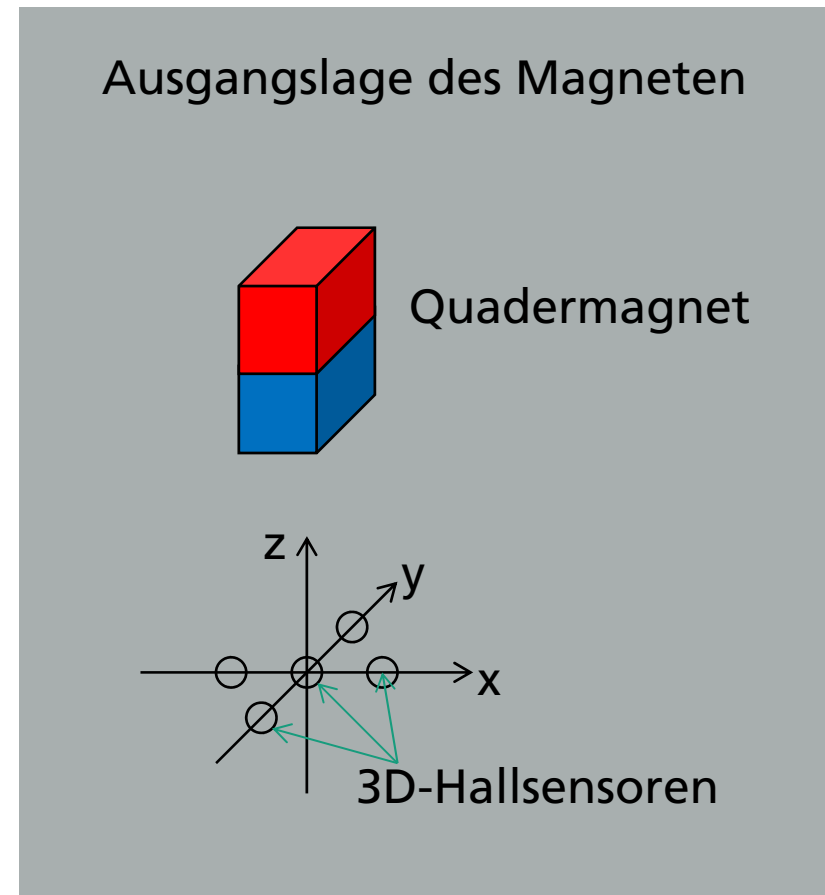
$$\vec{H}(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi} \int_V \frac{3(\vec{m} \cdot (\vec{r} - \vec{r}'))(\vec{r} - \vec{r}') - \vec{m}\|\vec{r} - \vec{r}'\|^2}{\|\vec{r} - \vec{r}'\|^5} d^3r'$$

Dipoldichte $\vec{m} = \text{const.}$

Dekoderalgorithmen

Anwendungsbeispiel: 6D-Positions- und Lagemessung

- 5 (3D-)Hallsensoren in einer Ebene unter Quadermagnet
- Magnet wird um wenige mm verschoben
- Magnet wird um wenige ° gedreht



5

Dekoderalgorithmen

1. Ansatz: Linearisierung

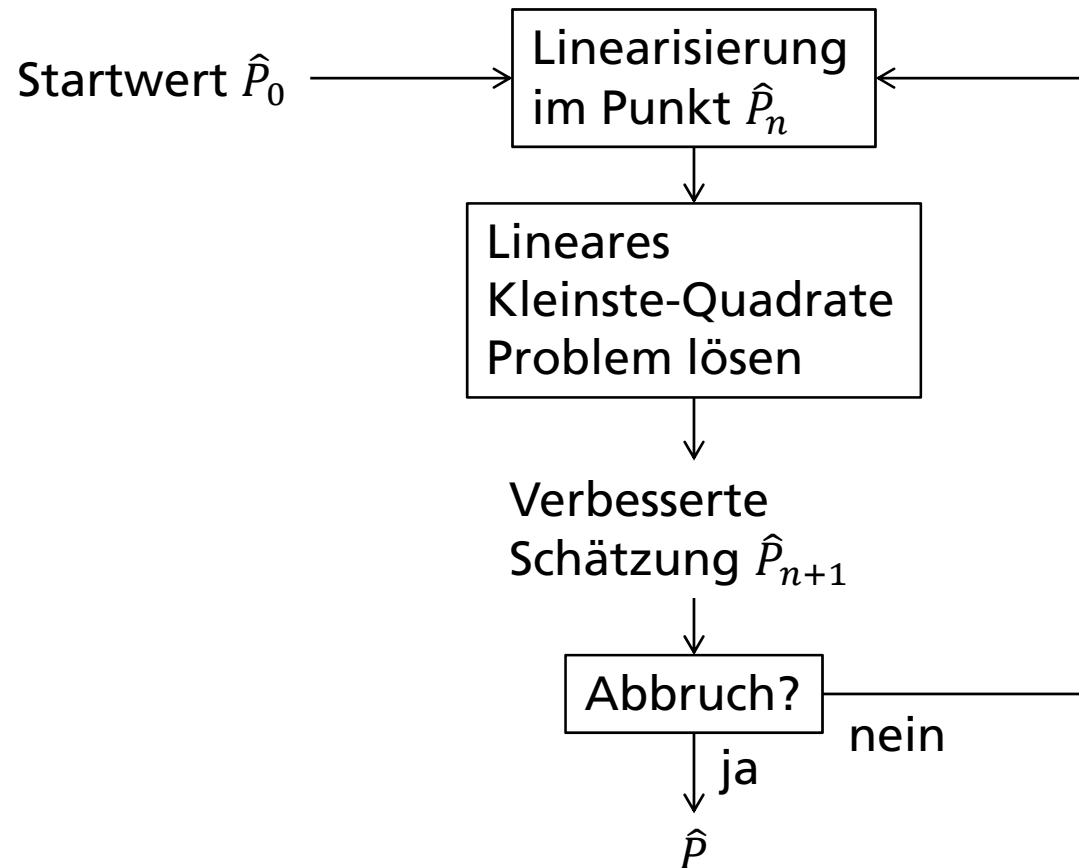
- Idee: Abbildung $\vec{P} \mapsto \vec{B}$ linearisieren
- $\rightarrow$ Lineares kleinste Quadrate-Problem
- $\rightarrow$ Einfach

- Nahe des Linearisierungspunktes: Gute Ergebnisse
- Bereits in geringer Entfernung: Schlechte Genauigkeit

- $\rightarrow$ In der Praxis unbrauchbar!

Dekoderalgorithmen

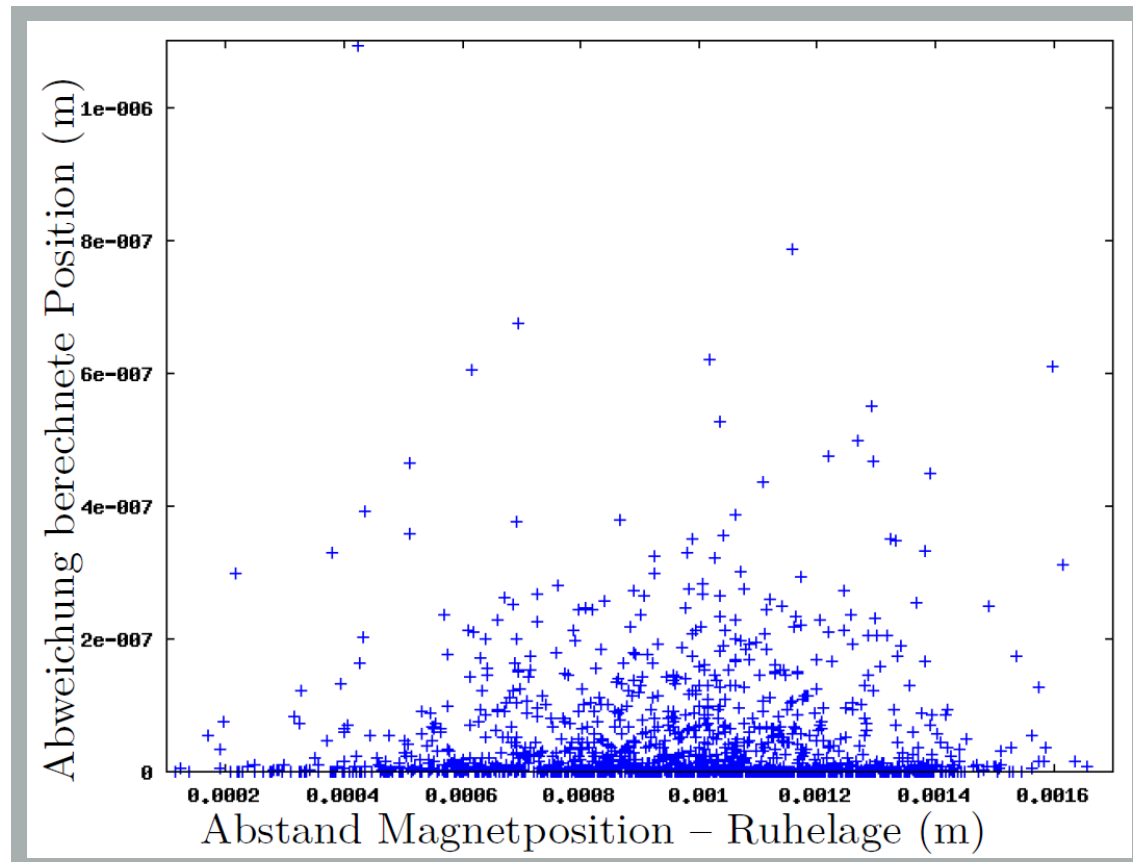
2. Ansatz: Verallgemeinertes Newton-Verfahren



Dekoderalgorithmen

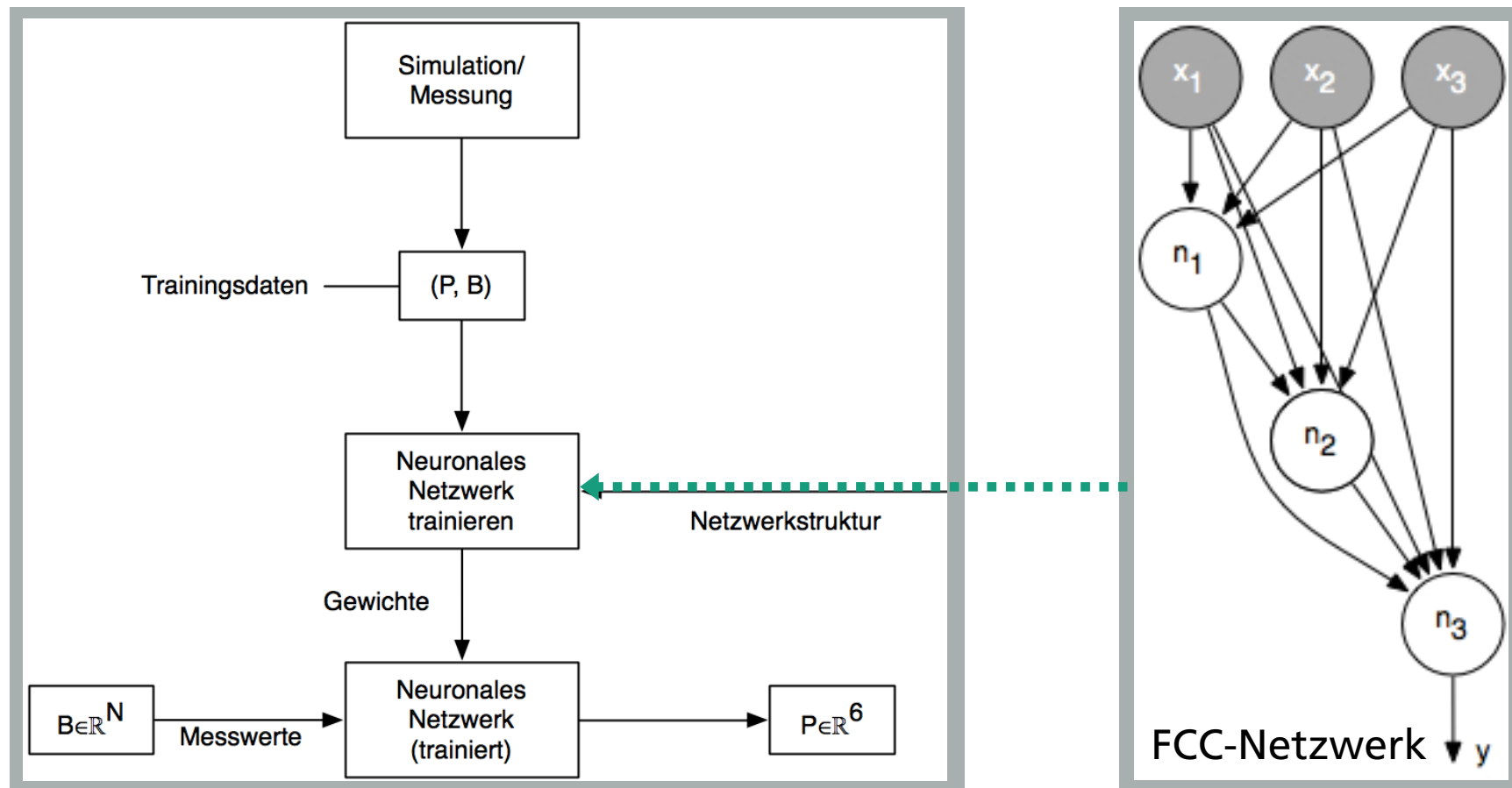
Verallgemeinertes Newton-Verfahren

- Sehr gute Ergebnisse
- Aber: Rechenzeit!



Dekoderalgorithmen

3. Ansatz: Neuronale Netzwerke

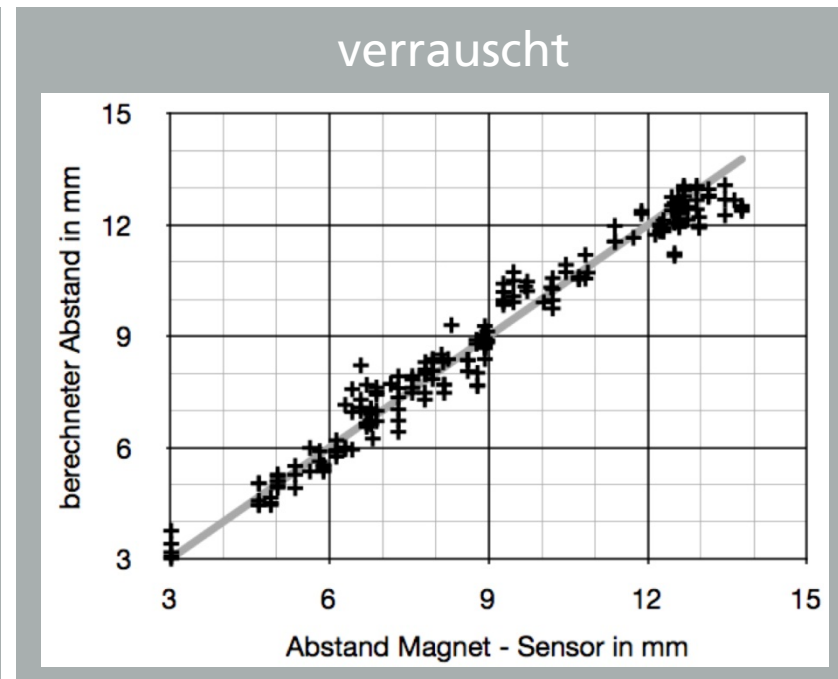
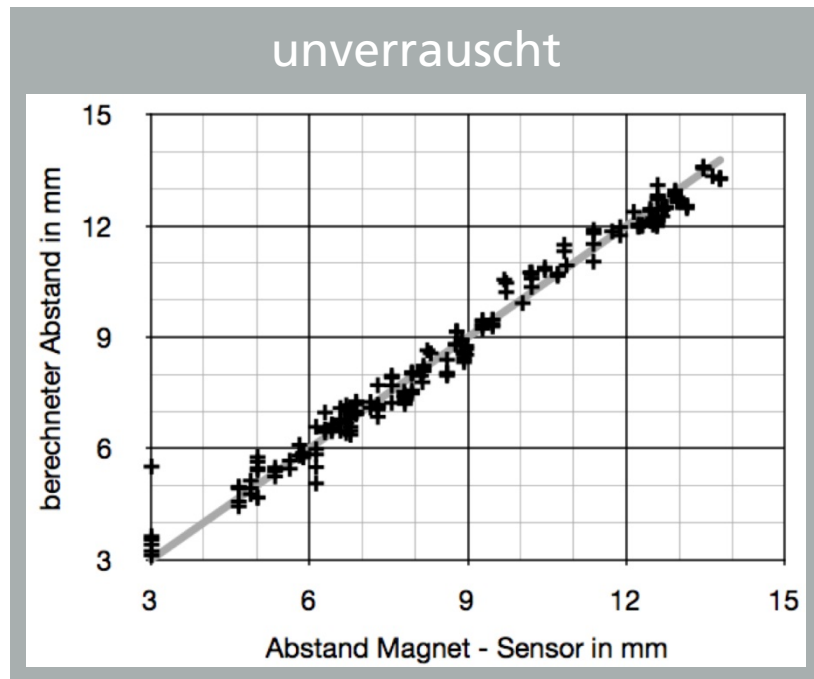


9

Dekoderalgorithmen

Neuronale Netzwerke: Simulationsergebnisse

- Ergebnisse für simulierte „Messwerte“



Dekoderalgorithmen

Neuronale Netzwerke: Evaluierung mit Messdaten

- Automatisierter Messplatz
- 6-achsige Kinematik
- Messungen zeigen vielversprechende Ergebnisse



Beispiel 2: Präsenzdetektion Projekt ENLIGHT

- Ziel: Optische Erkennung der Anzahl, Position und Bewegungsrichtung von Objekten in einem definierten Bereich.
- Probleme
 - Dunkle, kontrastreiche sowie sich ändernde Beleuchtungsverhältnisse
 - Veränderliche und sich bewegende Objekte (z.B. Ventilator, Fernseher)
 - Zuordnung Objekte $\leftrightarrow$ Menschen bei unterschiedlichem Aussehen (Kleidung, Hüte)

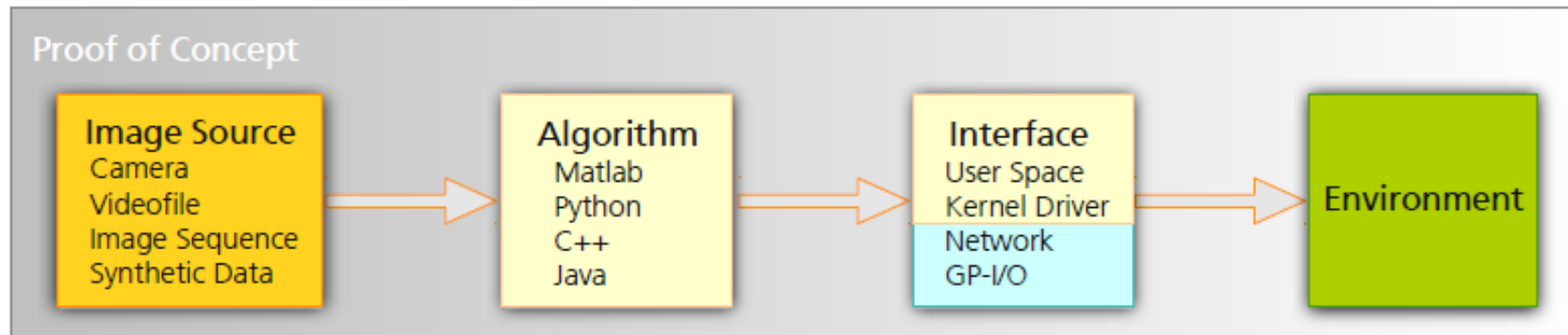
Beispiel 2: Präsenzdetektion Projekt ENLIGHT

- Voraussetzungen für den Einsatz
 - Privatspäre, d.h. keine Bilddaten dürfen den Sensor verlassen
 - Sehr geringe Leistungsaufnahme (Norm: <100 mW)
 - Geringe Kosten
- Anwendungen
 - Energieeffizienz und -management (Beleuchtung)
 - Sicherheit (Gefahrensituationen, Einbrüche)
 - Komfort (Automatische Steuerung von Elektronik)

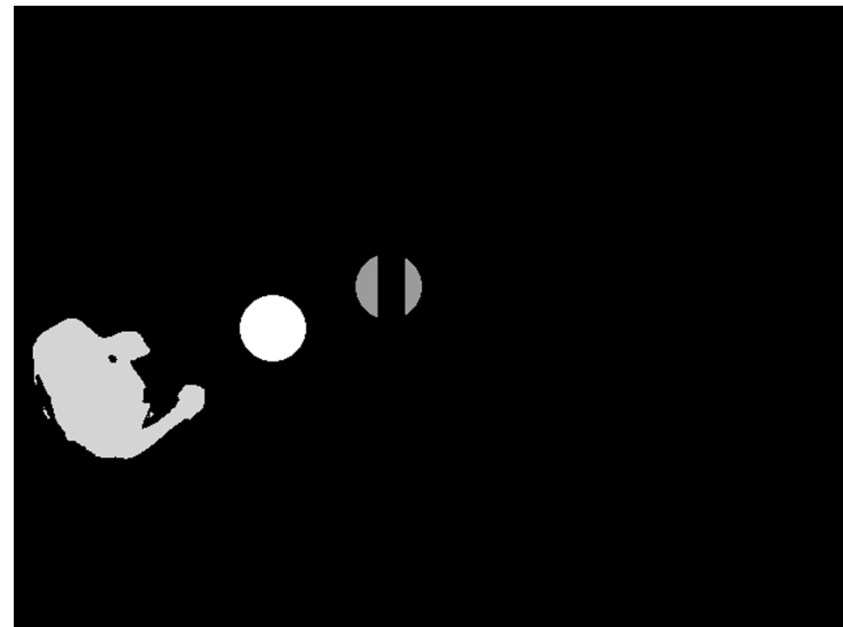
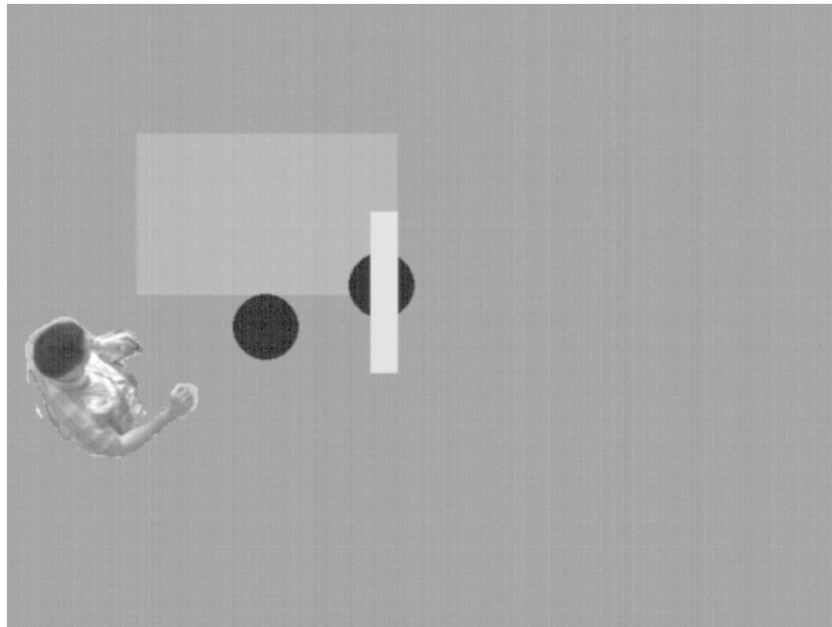
Algorithmischer Lösungsansatz

- Multimodaler Ansatz mit Merkmalen auf der Grundlage
 - der Bildstruktur → absolut unabhängig von Helligkeit / Schatten
 - zeitlicher Wahrscheinlichkeitsverteilungen → stochastisch oder zyklisch
- Programmierbare hochparallele Merkmalsextraktion im Bildsensor
 - Ereignisgesteuerte Bildanalyse → Low Power / Low Data Rate
 - Extrem effiziente analoge Signalverarbeitung → Low Power
 - A / D -Wandlung nur im Bedarfsfall (1 mW bei VGA) → Low Power
- Hintergrundmodell und Erkennung von Ereignissen
 - Low Power Microcontroller mit universellen Schnittstellen (I²C, SPI)

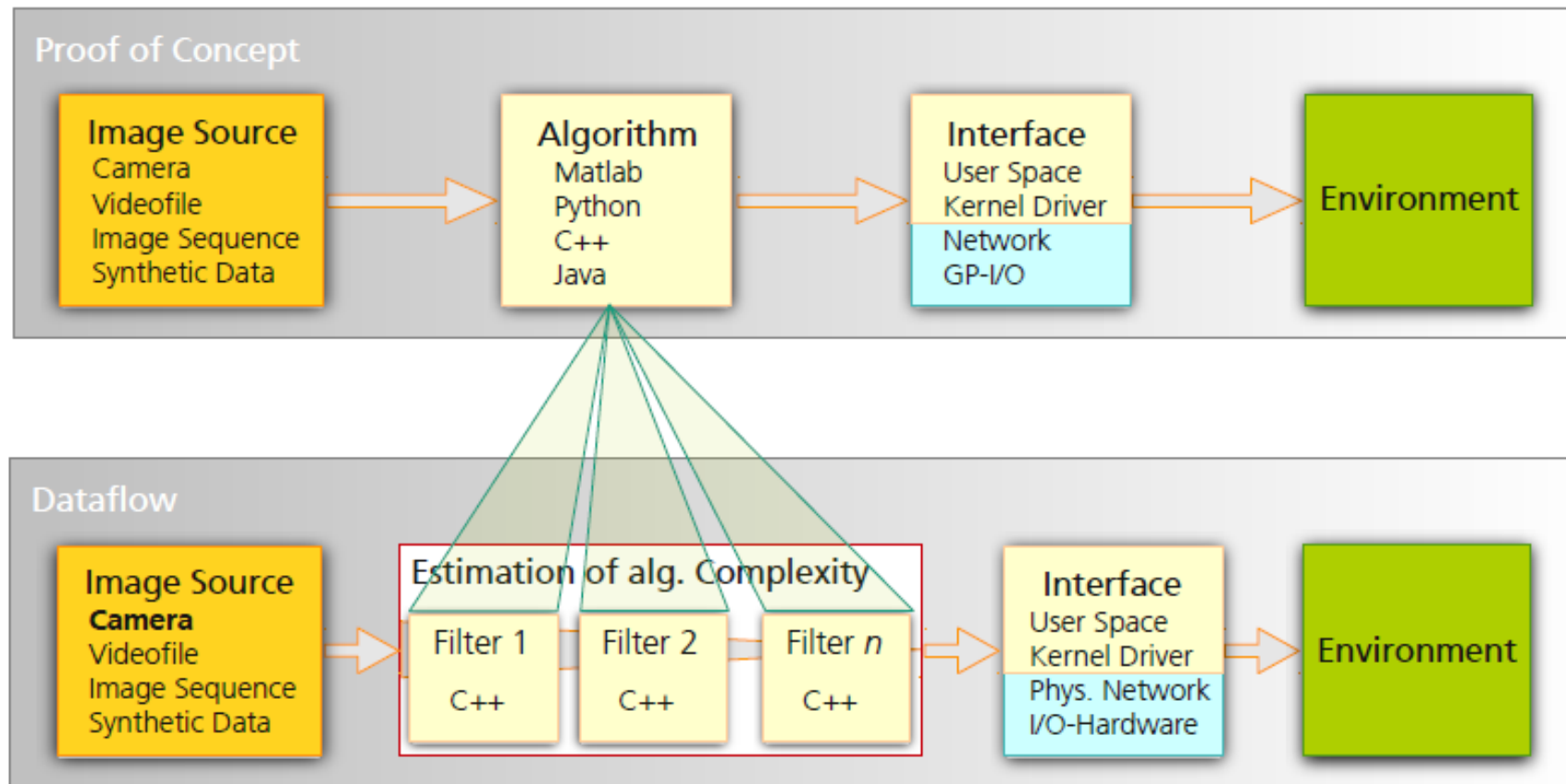
Entwurfsschritt 1: Implementierung des Algorithmus



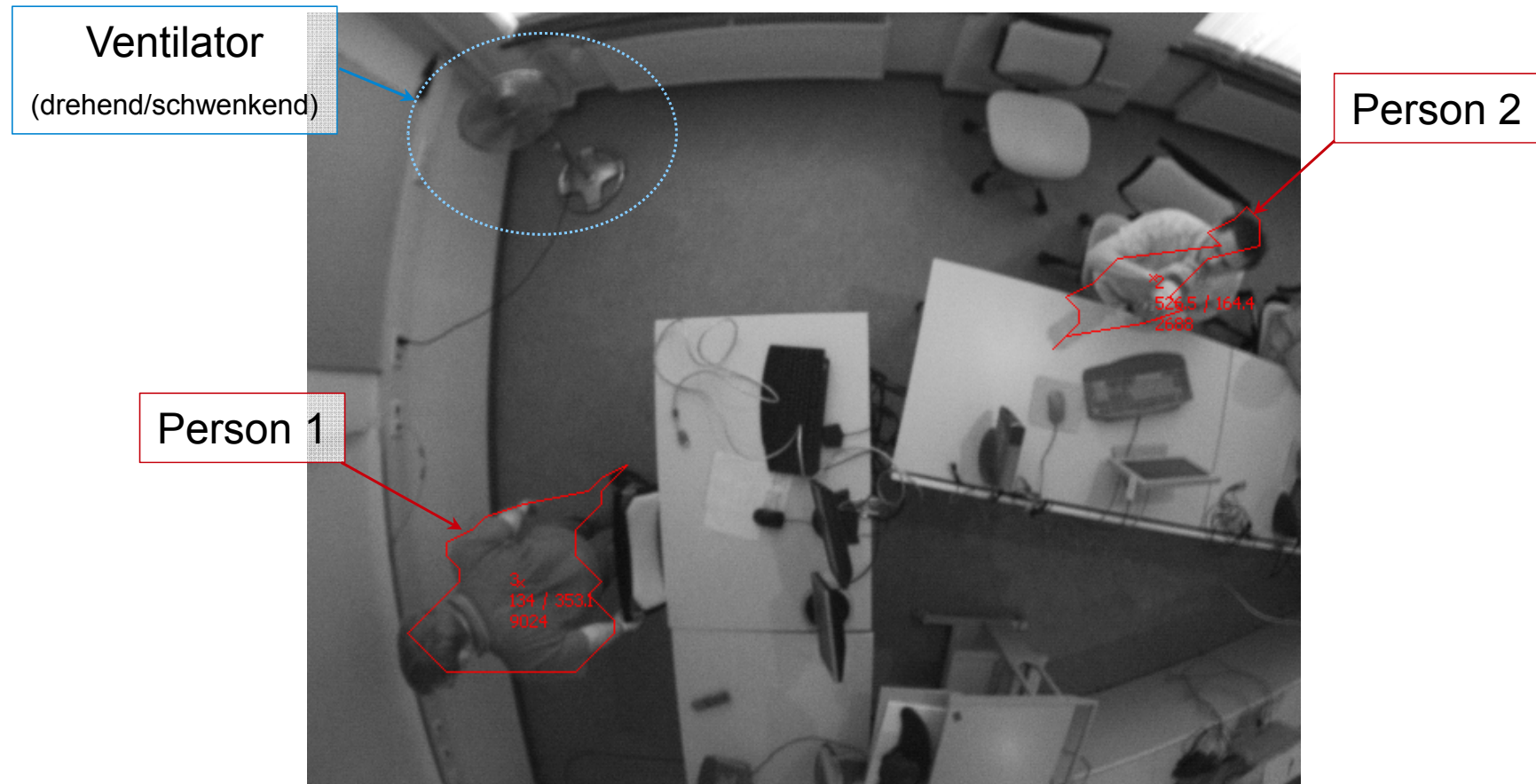
Synthetische Bilddaten



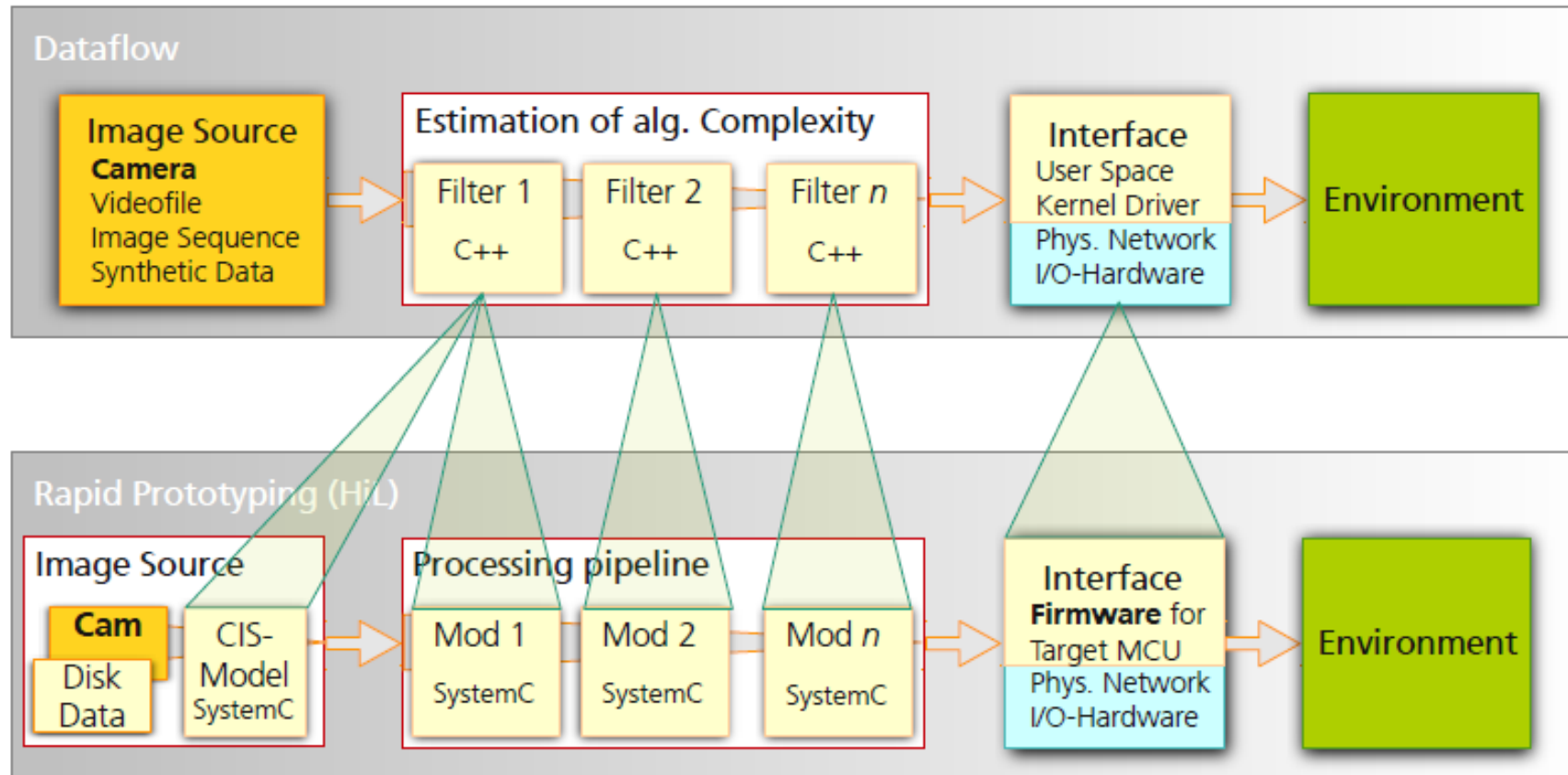
Entwurfsschritt 2: Partitionierung des Algorithmus



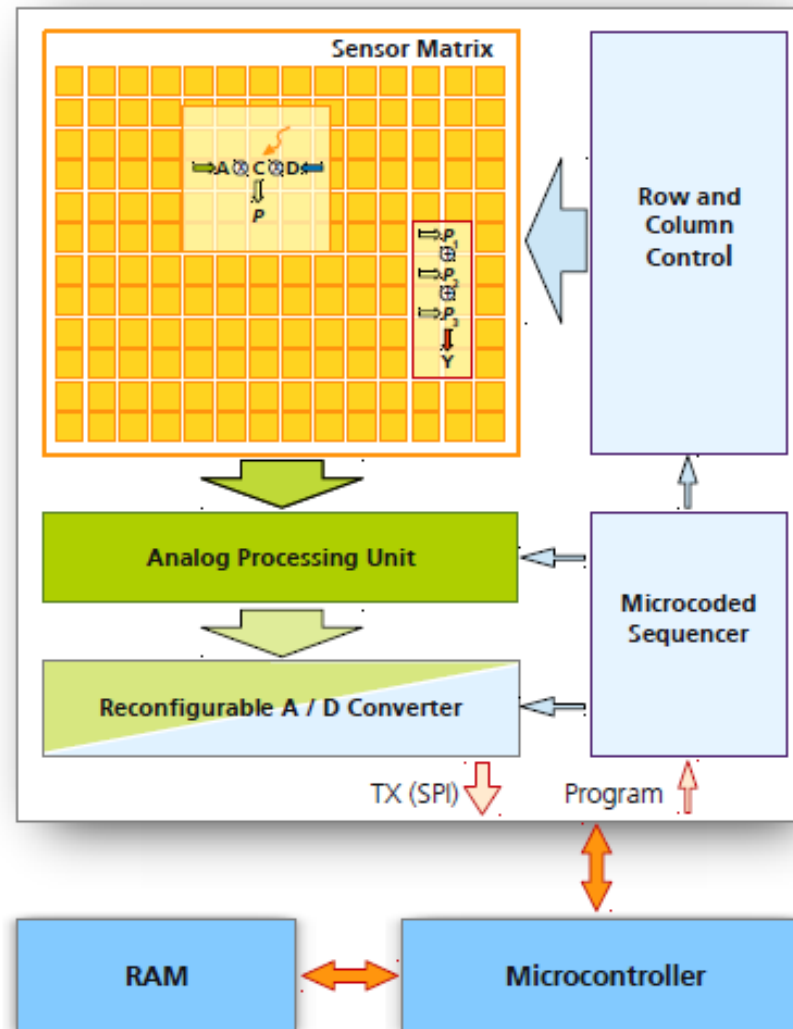
Multimodales Hintergrundmodell



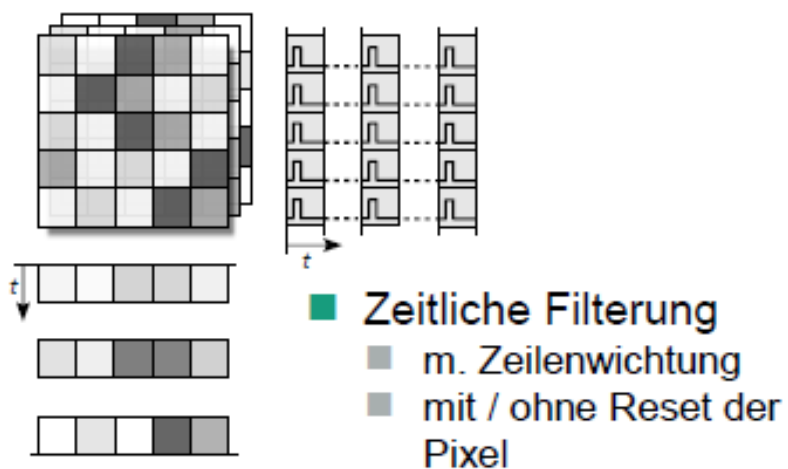
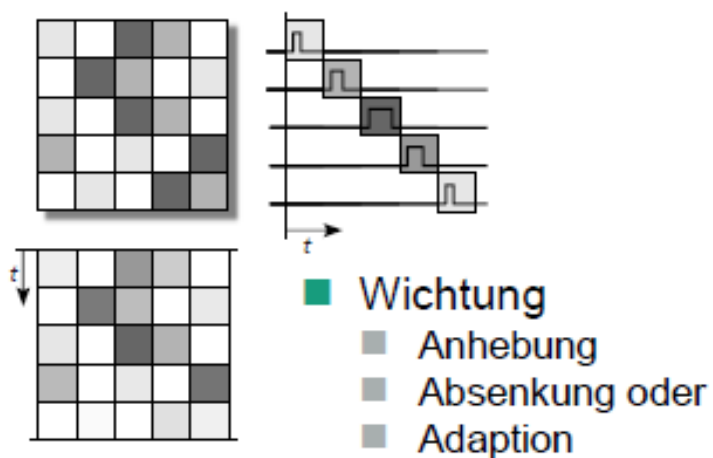
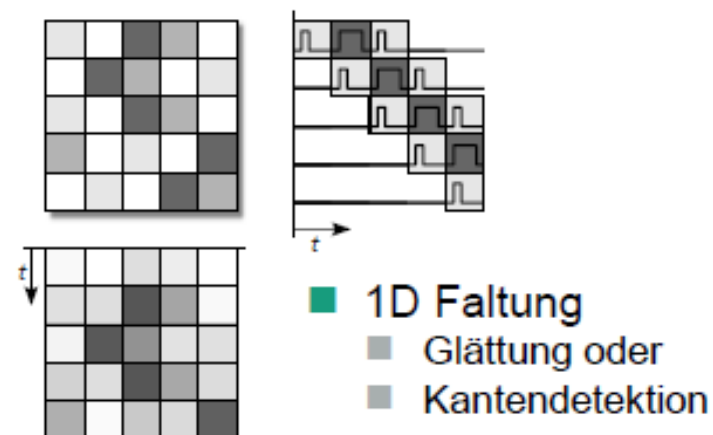
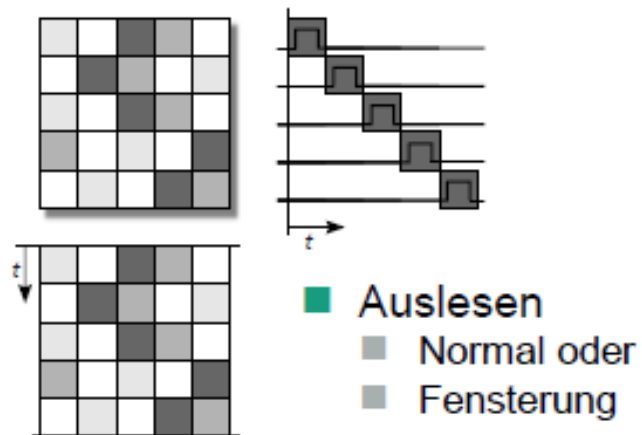
Entwurfsschritt 3: Modellierung der Komponenten



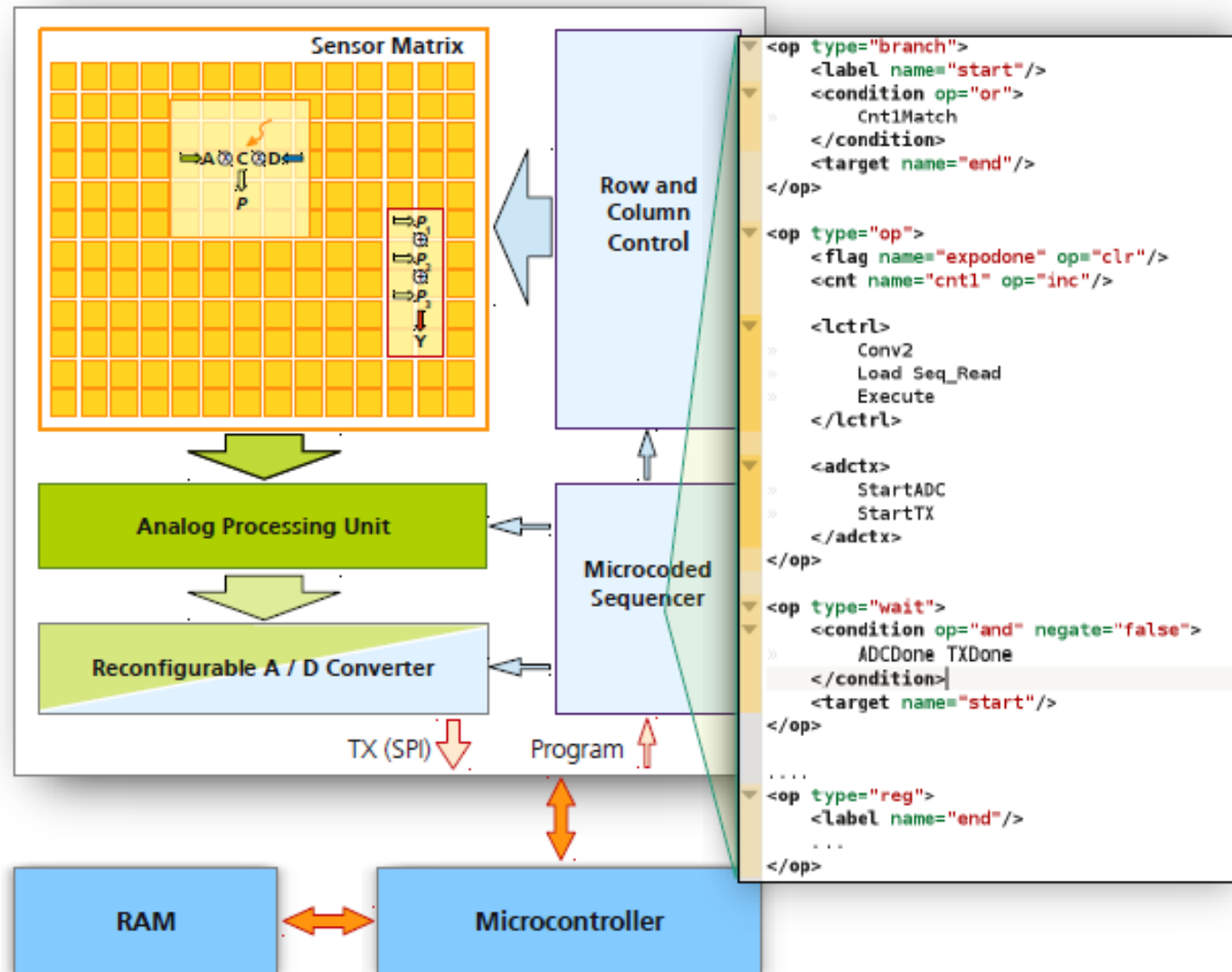
Generische Sensorarchitektur und Softwaremodell



Algorithmen zur Verarbeitung im Bildfeld

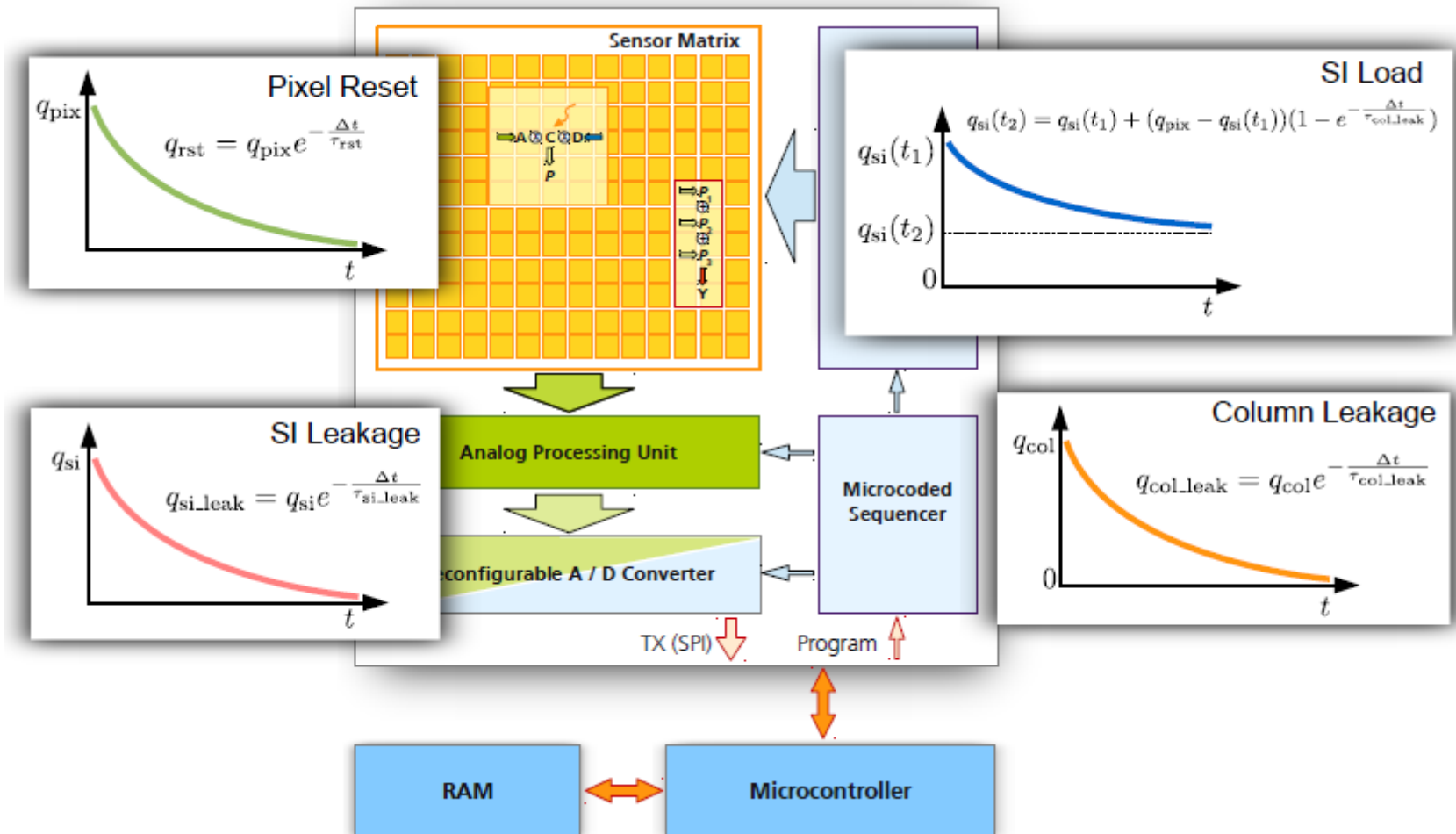


Modellierung des Mikroprogrammsteuerwerks

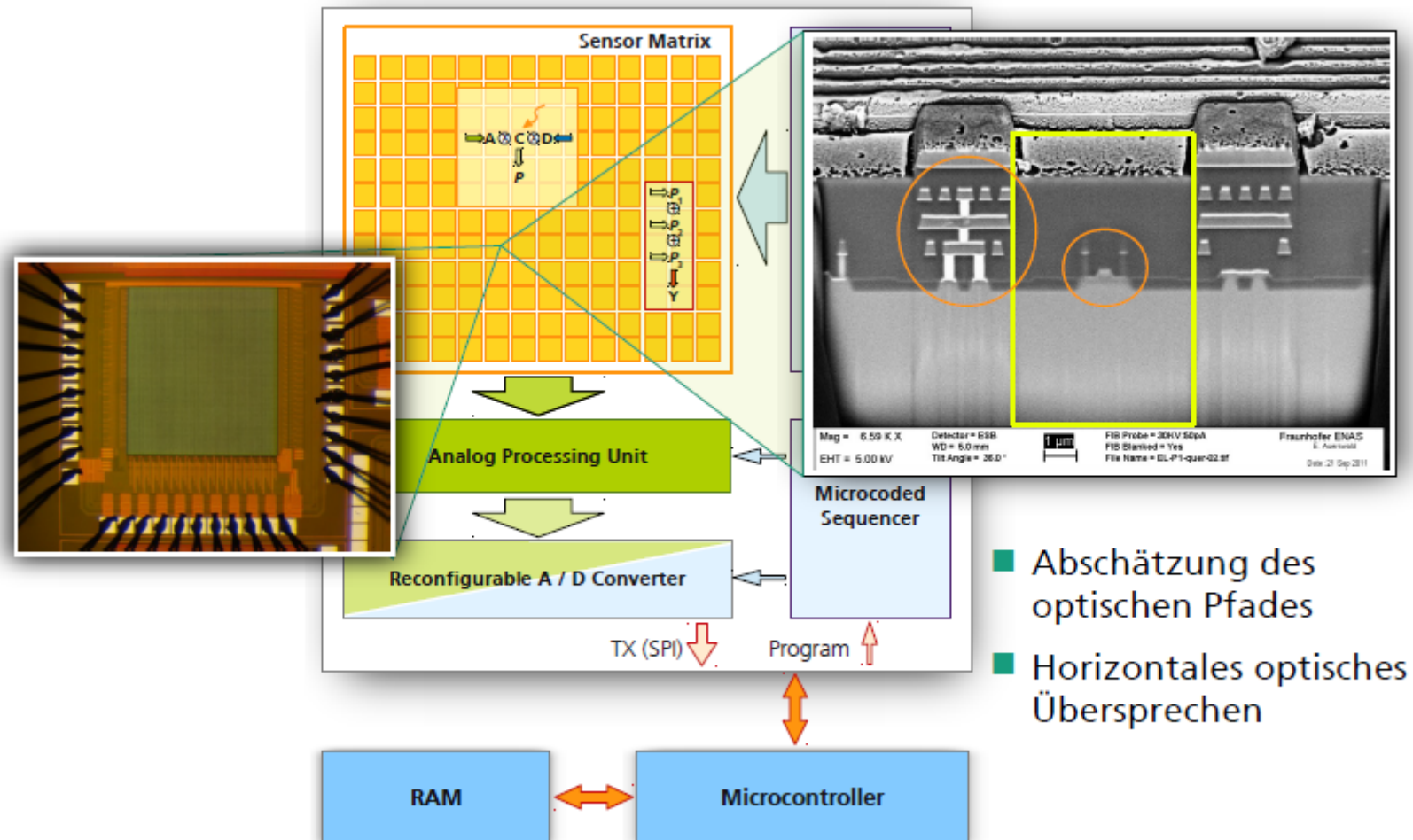


22

Elektrische Modellierung des analogen Auslesepfads

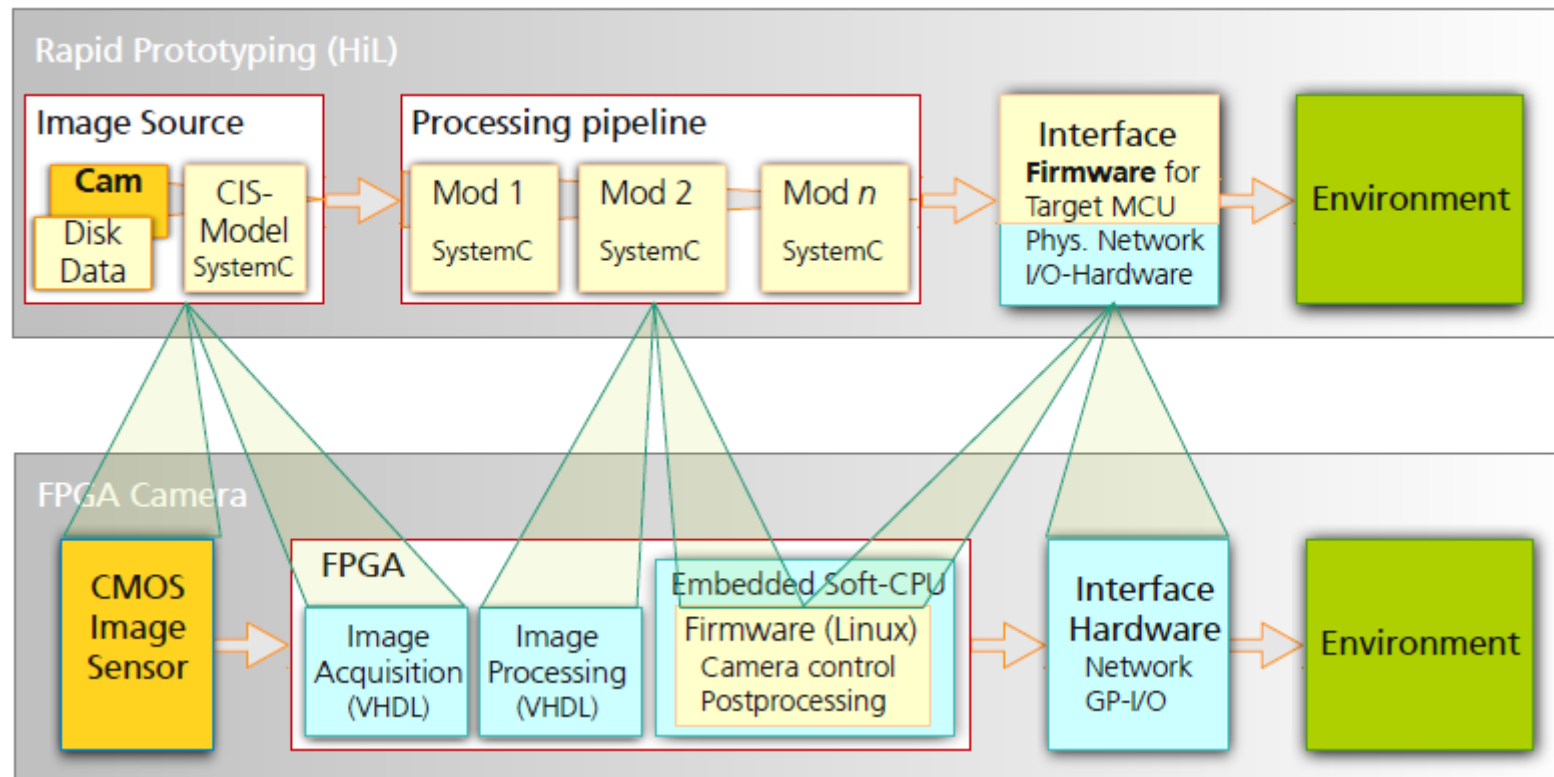


Optische Modellierung der Pixelzellen

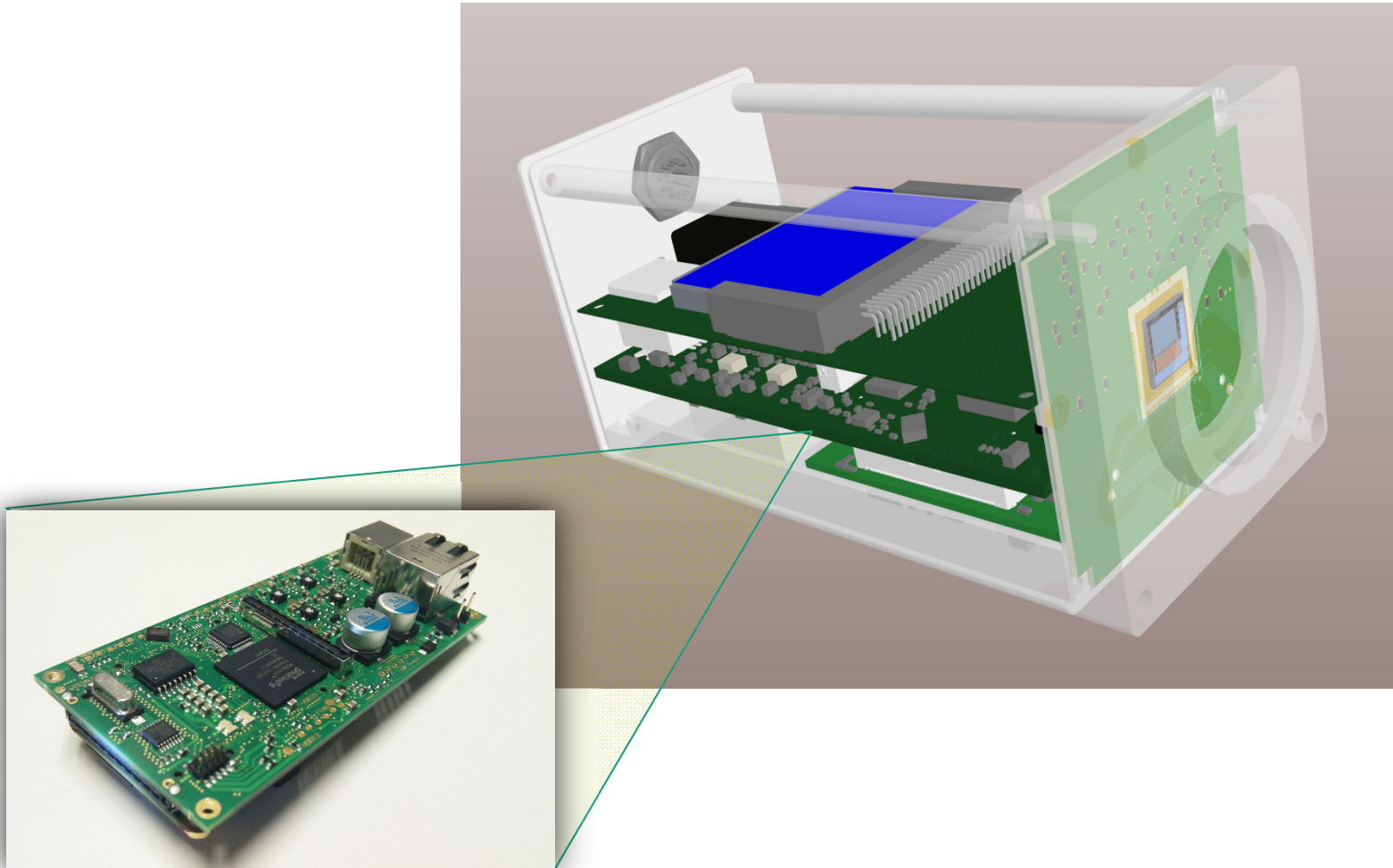


- Abschätzung des optischen Pfades
- Horizontales optisches Übersprechen

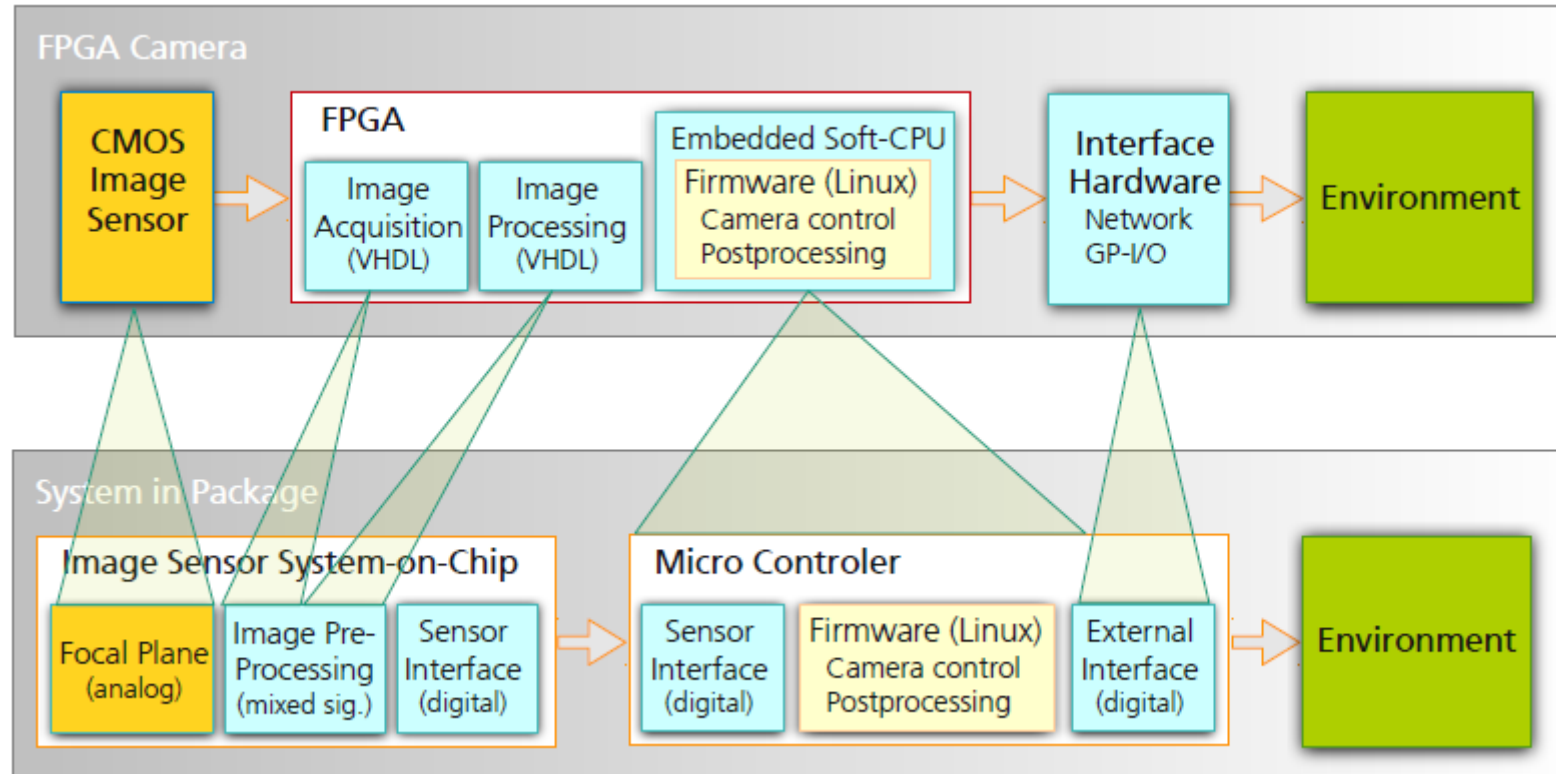
Entwurfsschritt 4: Umsetzung in FPGA Prototypen



Kamerademonstrator



Entwurfsschritt 5: Umsetzung in Präsenzdetectionssystem



Zusammenfassung

Sensoren für die Erfassung komplexer Situationen:

- Magnetbasierter 6D Positionssensor
 - Zentrales Problem: Inversion nichtlineares Gleichungssystem
 - Lösung mit neuronalen Netzen
- Präsenzdetektor
 - Ansatz basiert auf Bildverarbeitung
 - Multimodale Merkmalsextraktion
 - Analoge Focal plane Signalverarbeitung
 - Entwurf durch Modellierung auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

