

## Einführung in Digitale Bildverarbeitung

Vorstellung von  
Fragestellungen, Zielen, Methoden, etc.

---

Wolfgang Heiden    © 2014-22, mit Beiträgen von R. Herpers, F. Mannuß, B. Kahl

Wolfgang Heiden    © 2014-22    wolfgang.heiden@h-brs.de

-- auf der Grundlage einer Lehrveranstaltung von Prof. Dr. Rainer Herpers sowie Folien  
von Florian Mannuß 2011, Dr. Björn Kahl 2012 --

Fachbereich Informatik (Dpt. Computer Science)

Hochschule Bonn-Rhein-Sieg – University of Applied Sciences,

53754 Sankt Augustin

Germany

# Lernziele

- Entwicklung der Fähigkeit,  
Herausforderungen der digitalen Bildverarbeitung  
(DBV) ...
    - zu erkennen,
    - zu analysieren,
    - zu strukturieren und
    - mit bekannten Methoden zu lösen.
- Grundlegende Konzepte und Methoden kennen  
und sinnvoll anwenden können

Verstehen ist wichtiger als Wissen.

aber: Verstehen setzt Wissen voraus.

Verstehen setzt (ein Mindestmaß an) Wissen voraus, geht aber darüber hinaus und entsteht durch gedankliche und praktische Beschäftigung damit.

# Bestandteile der digitalen Bildverarbeitung

- Entstehung digitaler Bilder
- Übertragung und Archivierung
- Korrektur, Qualitätsverbesserung, Rekonstruktion
- Analyse von Bildeigenschaften und -komponenten
- Erkennung von Bildinhalten
- Computer Vision
- (Bildbearbeitung)
- (Visualisierung )
- ...



SS 2022

Wesentliche Aspekte im Arbeitsgebiet der „Digitalen Bildverarbeitung“ (DBV) befassen sich nicht nur mit der Entstehung digitaler Bilddaten, sondern u.a. auch mit deren Übertragung und Archivierung.

Methoden der DBV werden häufig dazu genutzt, bestehendes Bildmaterial zu verbessern, sei es durch Korrektur von Aufnahme Fehlern, allgemeine Qualitätsverbesserungen (z.B. Entrauschen, Kontrastverstärkung, etc.) oder die Rekonstruktion von beschädigten Bildinformationen.

Ein weitergehender Schritt analysiert Bilder oder deren Bestandteile mit dem Ziel der automatischen Erkennung von Bildinhalten – z.B. um Computersysteme in die Lage zu versetzen, visuelle Informationen in ähnlicher Weise wie Menschen zu verarbeiten. Letzteres ist u.a. bei autonom fahrenden Systemen von Bedeutung.

Eher Randgebiete sind die Bearbeitung von Bildern (mit Softwarewerkzeugen wie Photoshop, GIMP, ImageJ o.ä.), wobei zahlreicher darin implementierte Algorithmen dem Werkzeugkasten der DBV entstammen, oder die Visualisierung von Informationen, die sich ebenfalls Methoden der DBV bedient, wenn dies auch nicht in ihrem primären Fokus liegt.

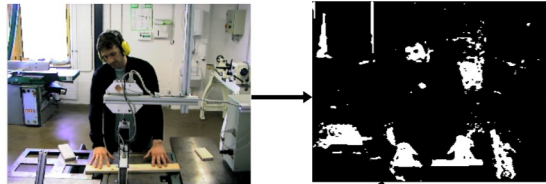
## Lernziele für heute

- Einführung in **Aufgabenstellungen** der digitalen Bildverarbeitung
- Entwicklung eines ersten Gefühls für die **Komplexität** der Problemstellung in der digitalen Bildverarbeitung
- Verstehen und Unterscheiden von ersten **Begrifflichkeiten**
- **Bezüge zu bekanntem Wissen** herstellen
- Vorstellung einiger **Beispielanwendungen**

# Was ist Bildverarbeitung?

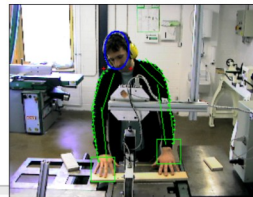
- **Automatisierte Manipulation und Auswertung digitaler Bilddaten**

- „Bringe einem Computer das Sehen bei“ (Computer Vision)
- autom. Bildanalyse
- keine/geringfügige Interaktion
- Objekterkennung
- semantische Interpretation



- **(Teil-)Bereiche**

- Machine Vision
- Active Vision



# EXEMPLARISCHE ANWENDUNGS-SZENARIEN

## Beispiel: Robotik - Problem -

### RoboCup:

Roboter will roten Fußball ins Tor schießen.



SS 2022

*Hintergrund:* Mit den b-it bots besetzt die H-BRS im Rahmen des Master-Studiengangs Autonomous Systems (MAS) seit vielen Jahren national und international Spitzenplätze (darunter mehrere Weltmeister- und Vizeweltmeistertitel) in verschiedenen Disziplinen der „RoboCup“-Wettbewerbe.

Begonnen hat das alles mit Fußball spielenden Robotern. Das selbständige Platzieren eines Balls in einem Tor sowie die Aufgabe für die gegnerische Seite, selbständig eben dies zu verhindern, stellt nach wie vor eine ernst zu nehmende Herausforderung für autonome technische Systeme dar. Ein wesentlicher Bestandteil dieser Herausforderung besteht in der Erkennung von Objekten und deren Eigenschaften in Bilddaten einer integrierten Kamera.

## Beispiel: Robotik - Lösung -

- Video aufnehmen (Digitalisierung)
  - Vorverarbeitung (Preprocessing)
  - roten Ball finden  
(Objektdetektion/  
Identifikation)
  - Tor finden
    - Geometrie  
feststellen
- Schuss - Tor!

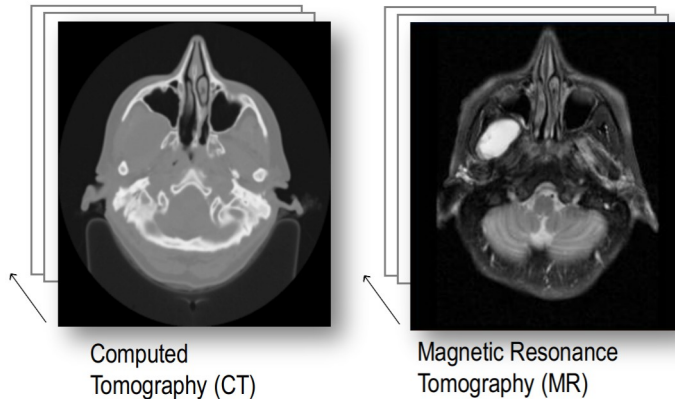




## Beispiel: Medizin - Problem -

### Tumordiagnose:

Arzt will krankhafte Veränderung erkennen.



SS 2022

*Hintergrund:* Bildgebende Verfahren sind in der Medizin schon lange von essenzieller Bedeutung. Moderne bildgebende Methoden wie die Computertomographie (CT, mit relativ niederfrequenter Röntgenstrahlung) oder Magnetresonanz-Tomographie (MRT, mit hochfrequenten magnetischen Wechselfeldern) erlauben den Blick in den menschlichen Körper, ohne diesen öffnen zu müssen.

Ein Schädel-Querschnitt zeigt im CT-Bild hauptsächlich Strukturen hoher optischer Dichte wie Knochen und Knorpel. Weichgewebe wird nur wenig differenziert abgebildet. Mit MRT werden dagegen primär Weichgewebe-Strukturen erkennbar. Bei der Erkennung und Bewertung von Anomalien arbeiten medizinisches Expertenwissen und digitale Bildanalyseverfahren Hand in Hand.

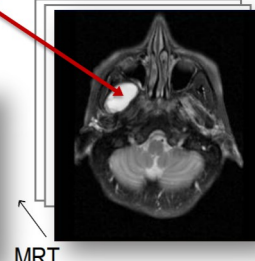
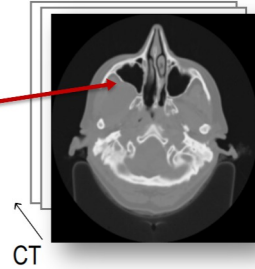
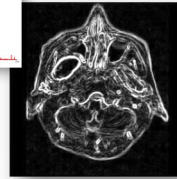
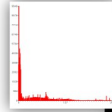
## Beispiel: Medizin - Lösung -

- **Bildgebende Verfahren:**

- Computed Tomography (CT):  
ungleichmäßige Form der Augenhöhlen
- Magnetic Resonance Tomography (MRT):  
einseitige Geschwulst → Tumor!

- **Bildverarbeitung**

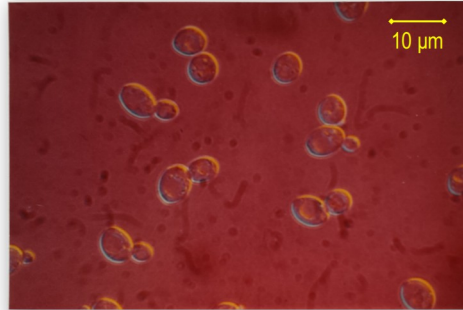
- Histogramme → Helligkeitsbereiche
  - Kantendetektion
  - Objekterkennung
- Art, Größe und Lage  
eines Tumors



## Beispiel: Biotechnologie - Problem -

### Zellrotation (als Indikator für Zellschäden):

Forscher will im elektrischen Drehfeld  
rotierende Zellen zählen.



Hefezellen im Mikroskop, Differenzieller Phasenkontrast

SS 2022

- *Hintergrund:* Hefezellen (u.a.) rotieren im elektrischen Drehfeld wegen Kondensatoreigenschaft biologischer Membranen. Geschwindigkeit und Richtung der Drehung (mit dem oder gegen das äußere Feld) hängen von den elektrischen Eigenschaften der Zellen ab. Verschiedene Schadstoffe beeinflussen diese Eigenschaften bereits in sehr geringen Mengen.
- CFR-Index (Co-Field Rotation): prozentualer Anteil mit dem Feld rotierender Zellen
- *Kontext:* Elektrorotation von Zellen: Einfluss lipophiler Anionen auf das Rotationsverhalten von Hefezellen (Diplomarbeit, Uni Würzburg, W. Heiden, 1987)

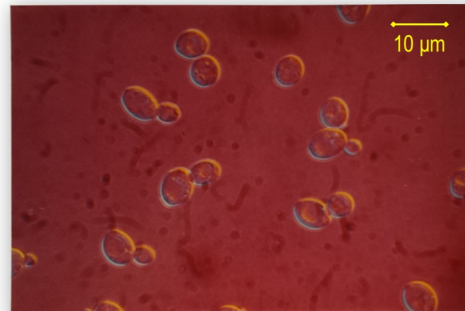
## Beispiel: Biotechnologie - Lösung -

- **Bildgebung**

- Mikroskopie, Ölimmersion, Differenzieller Phasenkontrast
- Bildsequenzen (Zeit, Fokusebenen)

- **Bildverarbeitung**

- Helligkeit anpassen (z.B. homogenisieren), ggf. entfärben
- Segmentieren und Hintergrund entfernen
- Kanten finden
- Objekte erkennen
- Objektachsen festlegen
- Identische Objekte in Bildsequenz vergleichen: Winkel berechnen
- ggf.: Bilder verschiedener fokaler Ebenen zusammenfassen



Hefezellen im Mikroskop, Differenzieller Phasenkontrast

SS 2022

Mikroskopische Bilddarstellung bedarf oft besonderer Rahmenbedingungen. Um scharfe Abgrenzungen winziger biologischer Strukturen wie Hefezellen sichtbar zu machen, reicht ein normales Lichtmikroskop nicht aus. Ölimmersion zwischen Linse und Objektträger erhöht die Abbildungsschärfe gegenüber Luft. Spezielle Beleuchtung wie der sog. „differenzielle Phasenkontrast“ hebt die Grenzen zwischen Zellen und wässriger Umgebung hervor.

Oft befinden sich zu betrachtende Objekte in verschiedenen Tiefenlagen (d.h. unterschiedlich weit vom Objektiv entfernt) und können so nicht gleichzeitig scharf eingestellt werden.

## Beispiel: Fahrassistent - Problem -

### Erkennen von Verkehrsschildern:

Identifikation von Verkehrszeichen im  
Straßenverkehr in Echtzeit.



Fig. 1. Example image captured on a German highway that is indicated by blue signage with highly varying aspect ratios and lettering.

Kehl, Enzweiler, Fröhlich, Franke, Heiden – Daimler AG Research, H-BRS, IEEE-ITSC 2015

SS 2022

- *Hintergrund:* Aus einem fahrenden Automobil müssen Verkehrszeichen rechtzeitig als solche erkannt und inhaltlich ausgewertet werden, um Fahrparameter entsprechend anpassen zu können. Das gilt auch für hohe Geschwindigkeiten (Autobahn) und Fahrbahnwechsel (Ausfahrt).
- *Kontext:* Are we on the Highway? – Vision-based Road Sign Detection (Kehl, Enzweiler, Fröhlich, Franke, Heiden – Daimler AG Research, H-BRS, IEEE-ITSC 2015; 18th IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems, September 15-18, 2015, Bachelor Thesis Manuel Kehl, 2015)

# Beispiel: Fahrassistent - Lösung -

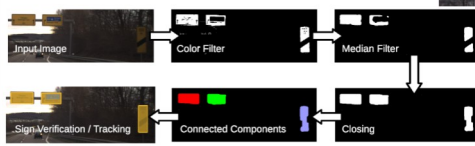
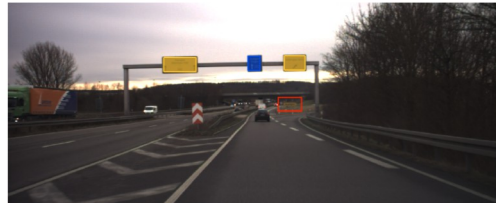


Fig. 2. System diagram visualizing our detection pipeline for colored signs (here: yellow signs). An input image is subject to a filter cascade consisting of color-based filtering in RGB space, median filtering and morphological closing. Connected component analysis extracts connected regions of sign candidates (visualized in false color). False are represented in terms of bounding boxes and an associated confidence score, see Sec. III. Sign candidates passing additional geometry- and object-based sign verification as well as tracking modules, see Sec. IV, are considered valid sign detections, as depicted in yellow.



(a) Signs at various aspect ratios are easily detected. Note the detected blue sign within the larger yellow sign.



(b) White larger signs in this image are detected as expected, there is a false negative indicated by the red box. Presumably the false negative is due to the sign being too small in the image. In addition, the missed sign is not perfectly rectangular, but arrow-shaped on the right-hand side.

Kehl, Enzweiler, Fröhlich, Franke, Heiden – Daimler AG Research, H-BRS, IEEE-ITSC 2015

## mehrstufige Bildverarbeitung

- Standard-Methoden:
  - Farfilter
  - Glättungsfiler
  - Morphologische Operation
  - Clustering
  - Vergleich von Geometrien und Objektparametern

SS 2022

- *Hintergrund:* Aus einem fahrenden Automobil müssen Verkehrszeichen rechtzeitig als solche erkannt und inhaltlich ausgewertet werden, um Fahrparameter entsprechend anpassen zu können. Das gilt auch für hohe Geschwindigkeiten (Autobahn) und Fahrbahnwechsel (Ausfahrt).
- *Kontext:* Are we on the Highway? – Vision-based Road Sign Detection (Kehl, Enzweiler, Fröhlich, Franke, Heiden – Daimler AG Research, H-BRS, IEEE-ITSC 2015; 18th IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems, September 15-18, 2015, Bachelor Thesis Manuel Kehl, 2015)

## Pausenaufgabe

„Was ich schon immer wissen wollte  
und vielleicht mit Methoden der Bildverarbeitung  
in Erfahrung bringen könnte.“

- **Erdenken Sie konkrete Fragestellungen, die Sie mithilfe der Bildverarbeitung zu lösen hoffen.**
  - Das dafür erforderliche Bildmaterial sollte für Sie verfügbar bzw. erzeugbar sein.

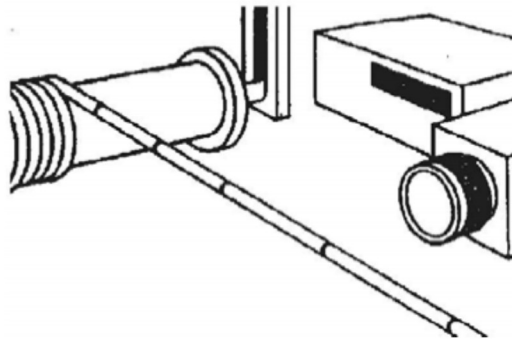
## (weitere) Anwendungsfelder

- **Industrie** (Qualitätskontrolle)
- **Film & Fernsehen**
- **Design & Kunst**
- **Medizin**
- **Robotik**
- **Überwachung**
- **Objektverfolgung** (z.B. Tracking)
- **Authentifizierung, Identifikation**



## Anwendungsbeispiel: Qualitätskontrolle

- **Hier:**
  - Sichtprüfung bei Produktion:  
konstante Seildicke



Bildquelle: Ehrhard

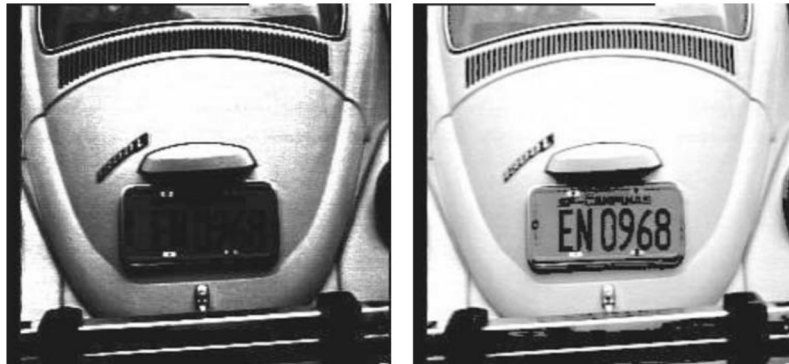
SS 2022

Bei der Qualitätskontrolle von industriell hergestellten Seilen gilt es bei an einer Kamera vorbeiziehenden Seilen Unregelmäßigkeiten (z.B. bzgl. der Dicke und/oder Struktur) zu identifizieren und ggf. eine Warnung abzugeben.

## Anwendungsbeispiel: Lesbarkeit

- **Helligkeits- und Kontrastveränderung**

- *Beispiel:* Sichtbarkeit eines unleserlichen Nummernschildes verbessern



Bildquelle: Erhard

SS 2022

Kontrastverstärkung kann für das menschliche Auge nicht oder nur schwer erkennbare Unterschiede innerhalb von Bildregionen hervorheben und so z.B. Nummernschilder lesbar machen.

## Anwendungsbeispiel: Fingerabdrücke

- **Fingerabdrücke:**

- Charakteristika diskretisieren
- Scharfzeichnen



Bildquelle: Erhard

SS 2022

Undeutliche Aufnahmen von Feinstrukturen lassen sich mit typischen Algorithmen der digitalen Bildverarbeitung nachschärfen und ermöglichen so z.B. die Identifikation bzw. den Vergleich von Fingerabdrücken bei forensischen Untersuchungen.

**... und viele andere mehr**