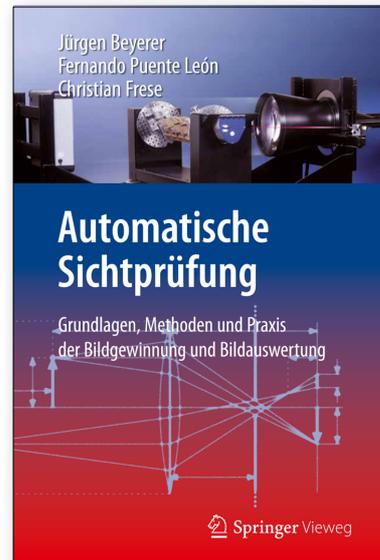


Bildverarbeitung

Organisatorisches

Vorlesungsunterlagen

- Buch **Automatische Sichtprüfung** (Beyerer/Puente León/Frese), Springer, 2012, gebunden, 940 Seiten, 79,95 €
- E-Book unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-23966-3> kostenlos im KIT-Netz verfügbar
- Folien und weitere Informationen unter www.iit.kit.edu/bv.php erhältlich
- Zugangsdaten: `bvhoerer / scheinpflug`



Prüfung

- 6. September 2016, 8:00-10:00 h
- schriftlich, 2 h
- Daimler-HS

■ Bildgewinnung (Kapitel 3–7)

- Geometrisch-optische Zusammenhänge, die wesentlich für die Bildgewinnung sind
- Sensoren
- Exemplarisch: wichtige Verfahren zur Bildgewinnung

■ Mathematische Beschreibung von Bildsignalen (Kapitel 8)

- Mehrdimensionale Signale und Systeme
- 2D-Fourier-Transformation, Anwendungsbeispiele
- Karhunen-Loève-Transformation

■ Bildauswertung (Kapitel 9–14)

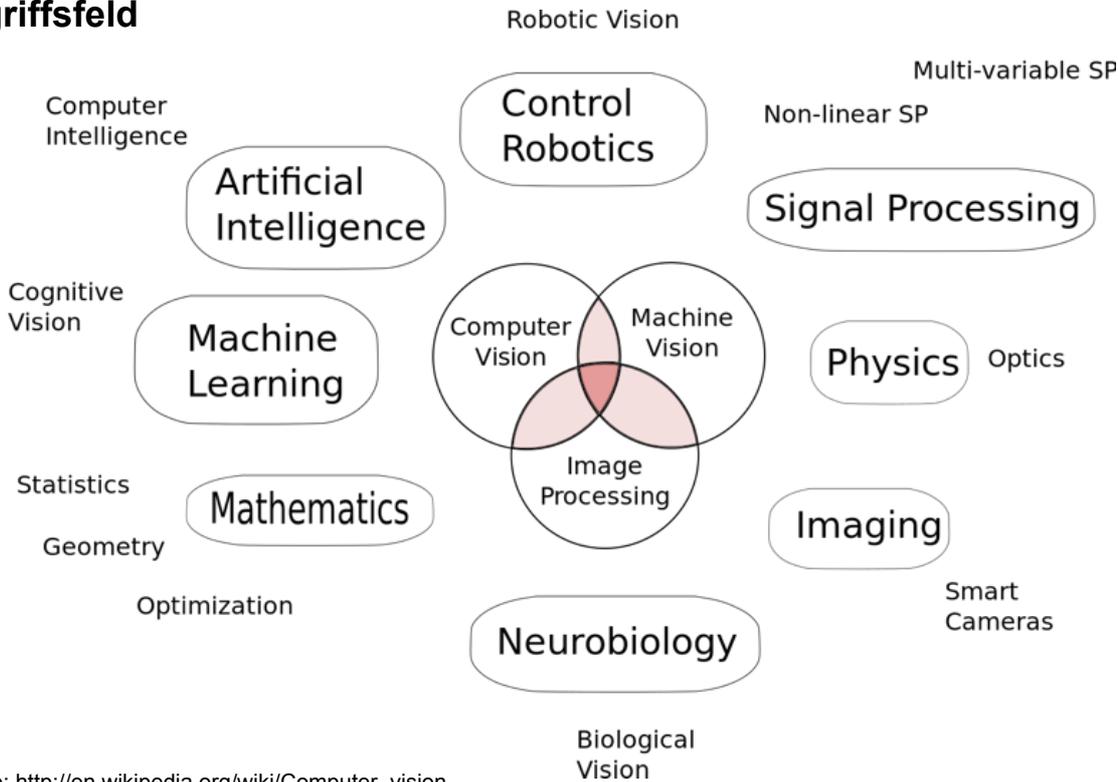
- Vorverarbeitung, Bildverbesserung, Restauration
- Segmentierung
- Morphologische Bildverarbeitung
- Texturanalyse
- Detektion

erste
Hälfte der
Vorlesung

zweite
Hälfte der
Vorlesung

1. Einleitung

Begriffsfeld



Quelle: http://en.wikipedia.org/wiki/Computer_vision

Computer Vision (Schwerpunkt: Bildverstehen)

- **Bildentstehung** lässt sich durch Methoden der Optik, Radiometrie und Sensorik erklären → **Vorwärtsproblem**
- Die **Computer Vision** zielt darauf ab, aus Bildern („Projektionen“) Informationen über eine Szene zu extrahieren (z.B. 3D-Gestalt, optische Eigenschaften, enthaltene Objekte, ihre Klassen, Identität, Zustand) → **Inverses Problem**
- Problem ist in der Regel unterbestimmt und kann nur durch Zusatzwissen oder durch geeignete Modelle gelöst werden
- Typische Aufgabenstellungen:
 - Gesichtserkennung und -identifikation
 - Wahrnehmung für autonome Systeme (Hinderniserkennung und automatische Navigation für Roboter, Autos usw.)
 - Bildinhaltsgestützte Suche in Bild- und Videodatenbanken
 - Szenenanalyse (Sicherheitstechnik, Mensch-Maschine-Systeme)

Machine Vision (Automatische Sichtprüfung)

- **Sichtprüfung:** durch „Hinsehen“ prüfen
- **Automatisch:** nicht ein Mensch, sondern eine Maschine soll prüfen
- **Ziele:**
 - Qualitätssicherung
 - Prozessüberwachung in der industriellen Produktion

Visuelle Sichtprüfung (durch den Menschen) spielt wichtige Rolle bei:

- Qualitätsüberwachung von Zwischen- und Endprodukten
- Zustandsbeurteilung von Produktionsprozessen

Beispiele: Prüfung auf...

- **Vollständigkeit** (Erkennung bekannter Objekte, Muster)
 - Montageszenen: Alle Teile montiert?
 - Befüllung von Verpackungseinheiten: Verpackung vollständig befüllt?
 - Bestückungskontrolle bei Leiterplatten: Alle Bauteile vorhanden?
- **Lagerichtigkeit:** Alle Bauteile am richtigen Ort und richtig orientiert?
- **Maß-, Form- und Winkelhaltigkeit** von Werkstücken und Werkzeugen
- **Oberflächenbeschaffenheit, Textur**
- **Optische Eigenschaften**
 - Farbe
 - Reflexionsverhalten
- **Defekte (technisch und ästhetisch)**
 - z. B. Kratzer an optischen Bauteilen (technische Defekte)
 - z. B. Lackläufer bei Oberflächenlackierung (ästhetische Defekte)

Problem:

Visuelle Sichtprüfung ist:

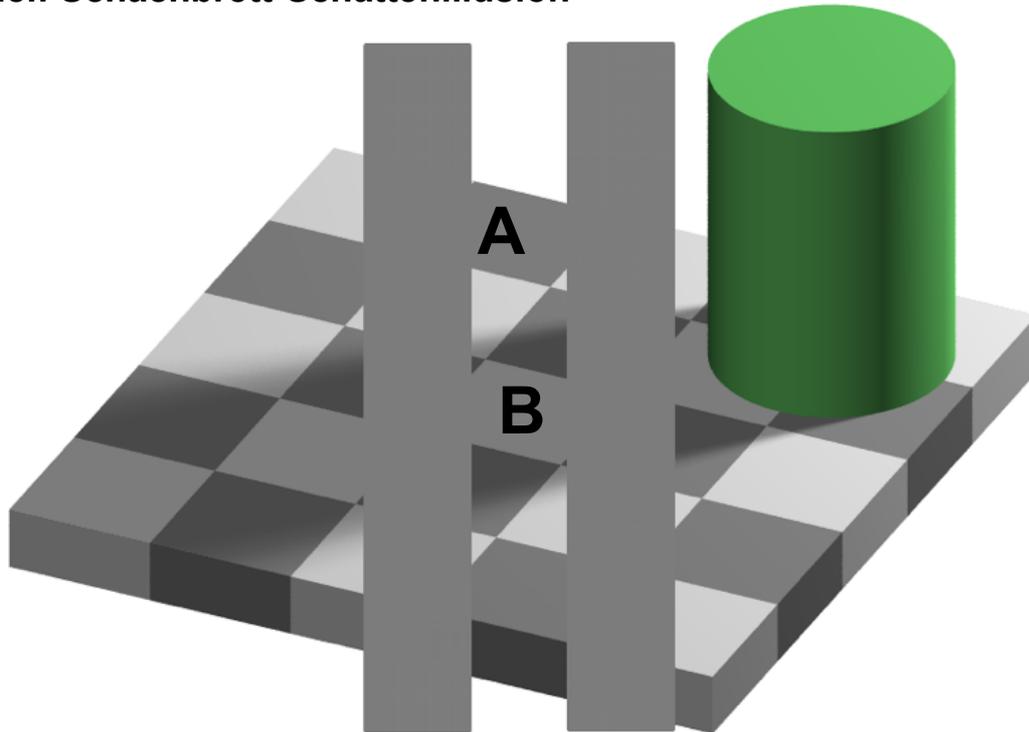
- monoton
- anstrengend
- ermüdend
- subjektiv
- schlecht reproduzierbar
- teuer
- manchmal zu langsam
- ...

→ Wunsch nach Automatisierung

Sehende Maschine arbeitet **ermüdungsfrei**, **objektiv** und **reproduzierbar**

	Visuelles System (Auge + Gehirn)	Sehende Maschinen (Aufnahmegert + Rechner)
Sensorik	<ul style="list-style-type: none">• geringe optische Auflösung• keine absoluten Intensitätswerte und Abmessungen erfassbar• Beschränkung auf sichtbares Licht• 3-kanalige Farbwahrnehmung	<ul style="list-style-type: none">• hohe optische Auflösung• absolute Intensitätswerte und Abmessungen• Licht außerhalb des sichtbaren Spektrums nutzbar• multikanalige spektrale Auflösung möglich
Bildverarbeitung und -auswertung	<ul style="list-style-type: none">• sehr große Zahl parallel arbeitender, stark vernetzter, langsamer Neuronen• „Programmierung“ durch Lernen an Beispielen	<ul style="list-style-type: none">• ein oder mehrere leistungsfähige Prozessoren• Algorithmen bedürfen i. d. R. expliziter Programmierung
besondere Stärken	<ul style="list-style-type: none">• Erfahrung und Hintergrundwissen, Intuition• Adaptivität und Lernfähigkeit• enorme kognitive Fähigkeiten	<ul style="list-style-type: none">• präzises Rechnen• Verarbeitungsgeschwindigkeit• verlustfreie Speicherung großer Datenmengen

Beispiel: Schachbrett-Schattenillusion



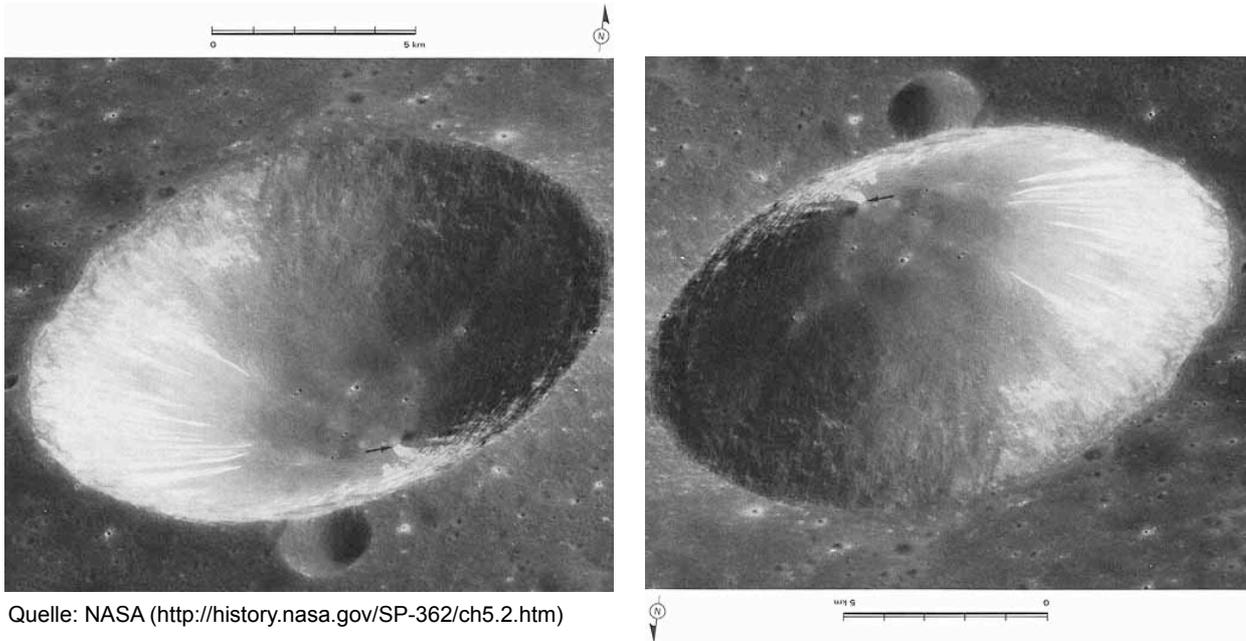
Nach Edward H. Adelson (2000)

Beispiel: Tiefenumkehr (*Hollow-face illusion*)



Quelle: www.youtube.com/watch?v=ORoTCBrCKIQ

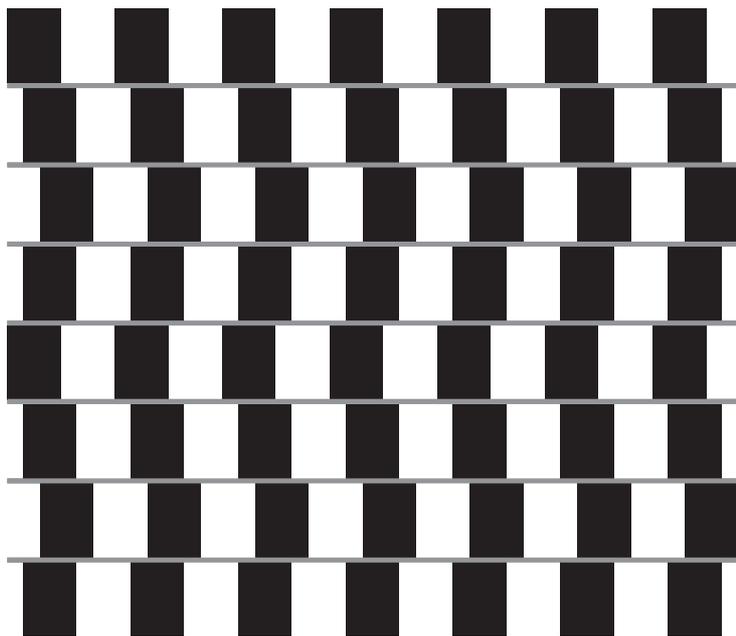
Beispiel: Mondkrater



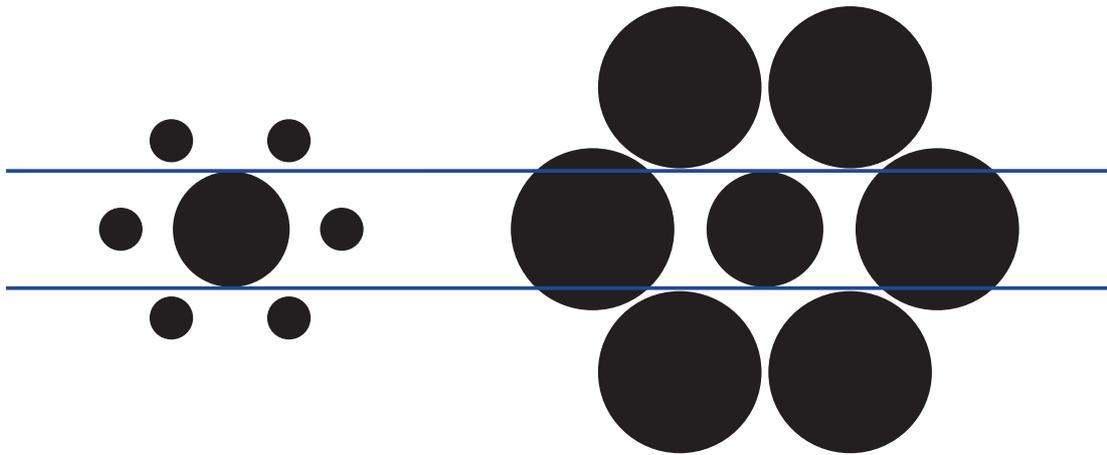
Quelle: NASA (<http://history.nasa.gov/SP-362/ch5.2.htm>)

- Erwachsene gehen unbewusst davon aus, dass Licht von oben kommt
[J.V. Stone & O. Pascalis: Footprints sticking out of the sand. Perception, Vol. 39, pp. 1254ff, 2010] ■

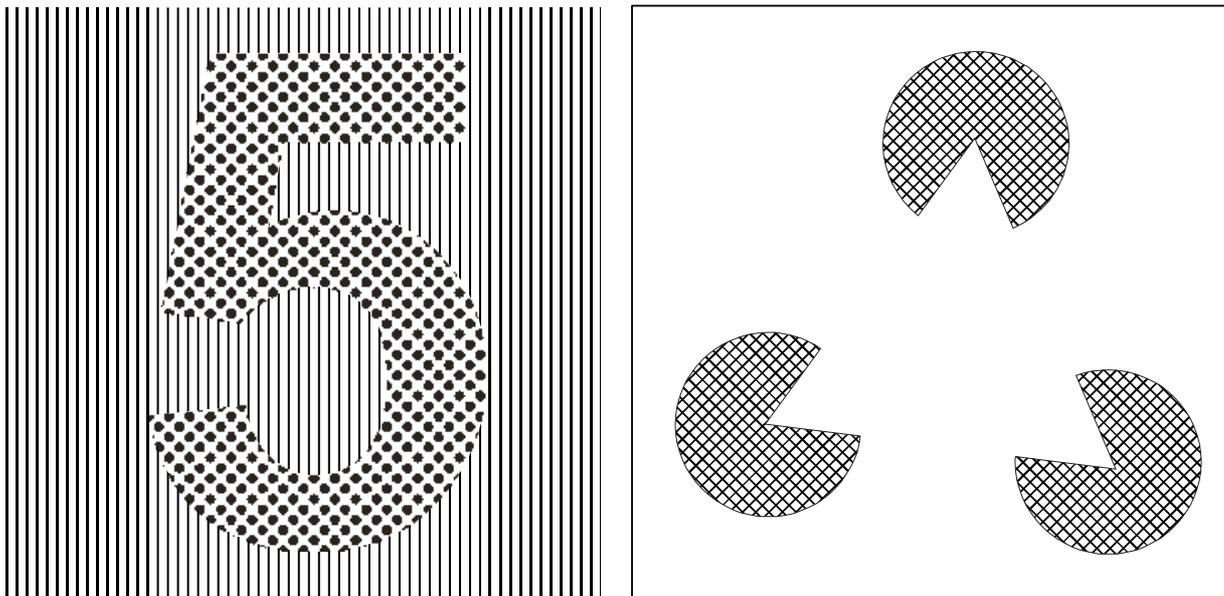
Beispiel: Optische Täuschung



Beispiel: Optische Täuschung

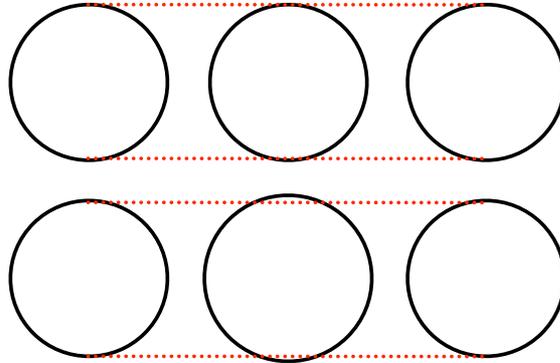


Beispiel: Nichttriviale visuelle Interpretationsaufgaben



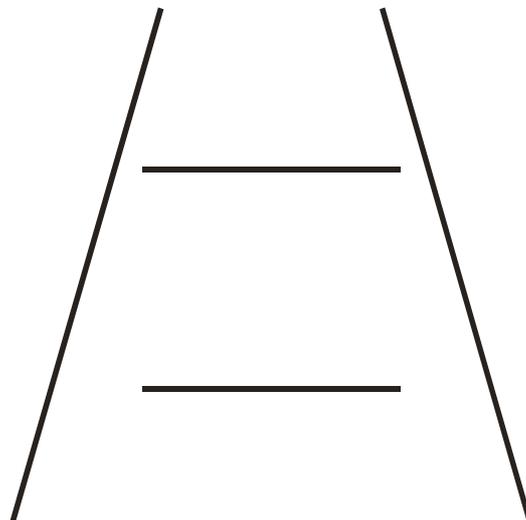
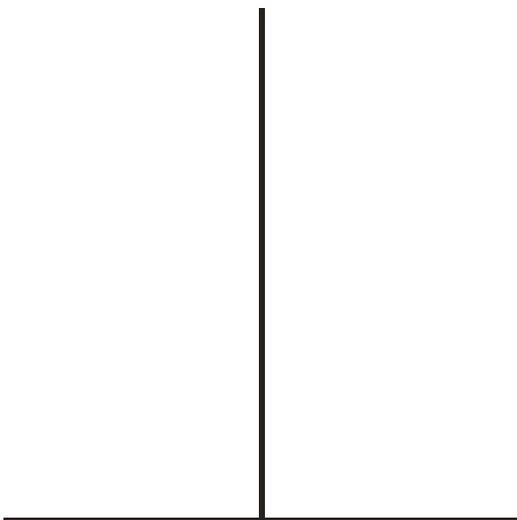
1. Einleitung

Beispiel: Vergleich des visuellen Systems und des maschinellen Sehens



1. Einleitung

Beispiel: Vergleich des visuellen Systems und des maschinellen Sehens



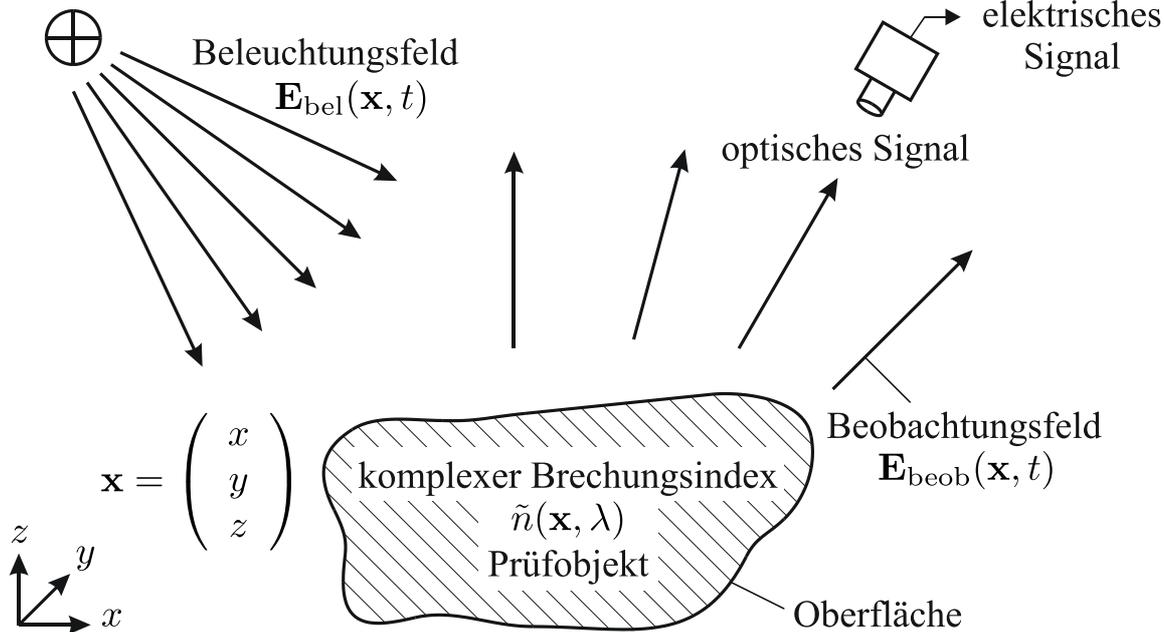
Optische Erfassung eines Prüfobjekts

Beleuchtungseinrichtung:

Lichtquelle + Optik

Beobachtungseinrichtung:

Optik + Sensor



Lichtquelle: Glüh-, Halogenlampe, Leuchtstoffröhre, LED, Laser...

Sensor: Flächen-, Zeilenkamera, Fotodioden...

Prüfobjekt prägt dem einfachen Licht **Informationen** über sich auf ($\mathbf{E}_{\text{bel}} \rightarrow \mathbf{E}_{\text{beob}}$) durch Veränderung von

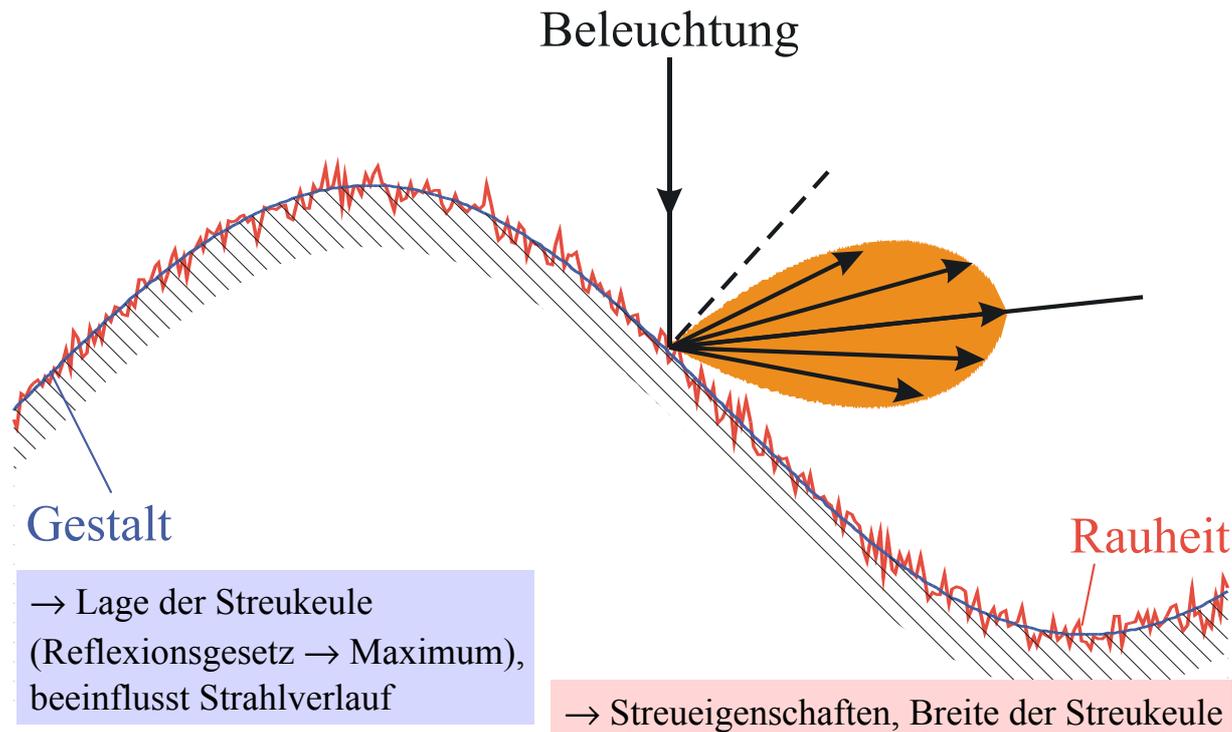
- Strahlverlauf (Richtung des Energietransportes)
- Intensitätsverteilung (örtliche Variation der Leistung)
- Phase
- Polarisation (Richtung des elektrischen Feldvektors)
- Spektrum (Wellenlängenverteilung, Farbe)

Transparente Prüfobjekte: **volumenhafte** Wechselwirkung durch **Inhomogenitäten** bzw. **innere Grenzflächen**

Beispiele:

- Schlieren im Glas
- Metallteilchen in Metallic-Lack

Opake Prüfobjekte: Oberflächenwechselwirkung



wesentliche Einflussgrößen:

■ **Optische Eigenschaften der Oberfläche** aufgrund des komplexen Brechungsindex

→ Reflexionsfaktor, Farbe...

■ **Oberflächengeometrie**

- Gestalt: Strukturen $>$ ca. $10 \mu\text{m}$
- Mikrostruktur: Strukturen $<$ ca. $10 \mu\text{m}$ (Rauheit)

unscharfe Grenze, durch die Art der Wechselwirkung mit Licht gezogen

Daten- auswertung

Prüfobjekt + Beleuchtung

↓ optisches Signal

Optik + Sensor

↓ elektrisches Signal

Digitalisierung

↓ Rohdaten

Vorverarbeitung

↓ „verbesserte“ Daten

Merkmalsextraktion

↓ Merkmalsvektor

Detektion, Klassifikation,
Interpretation

↓ Aussage

Aktion

Signalwandlung

= Abtasten +
Quantisieren +
Speichern

Daten-
erfassung

Unterdrückung von

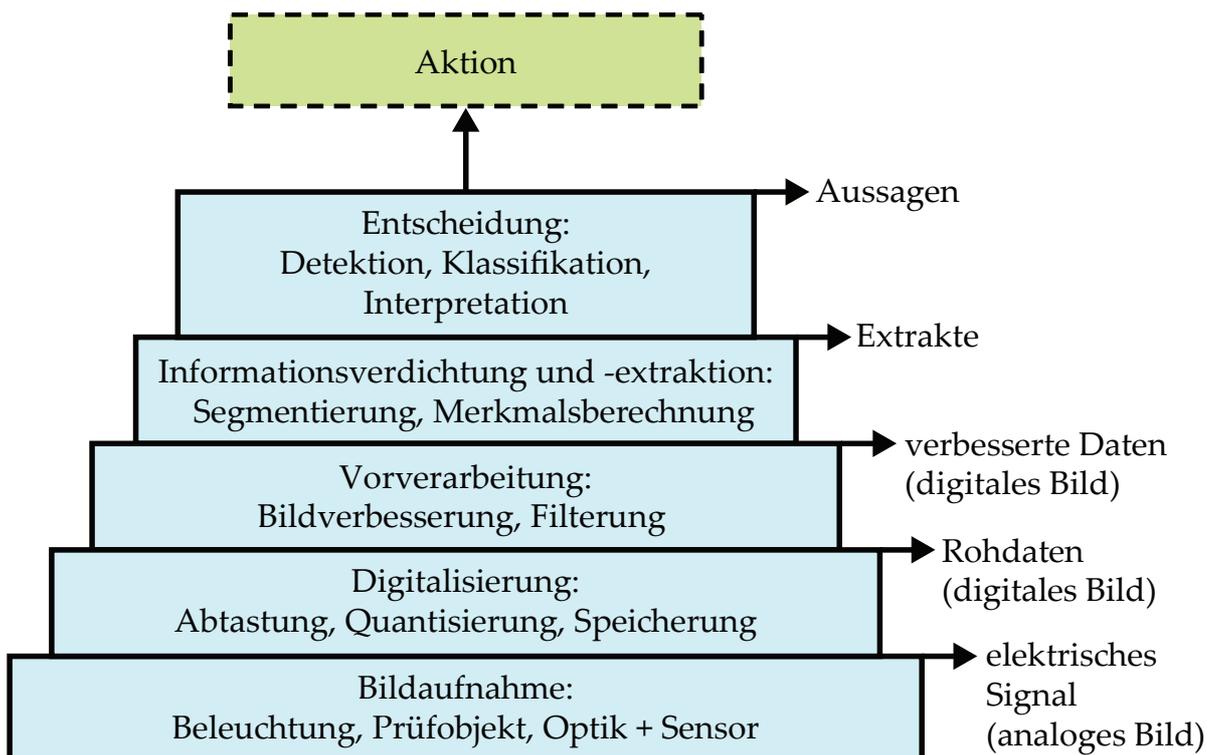
- Störungen
- irrelevanten Komponenten

Kompression der relevanten
Information auf möglichst
wenige Deskriptoren

Sensorik
[lat. sensus]

Ikonik
[gr. εἰκόν]

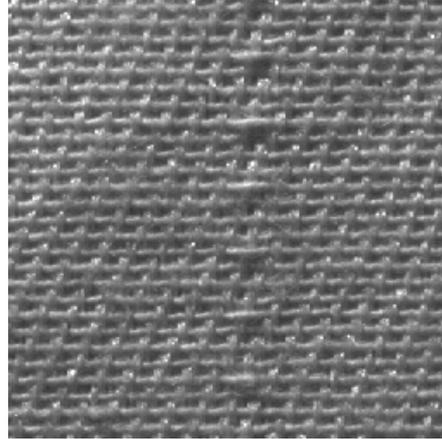
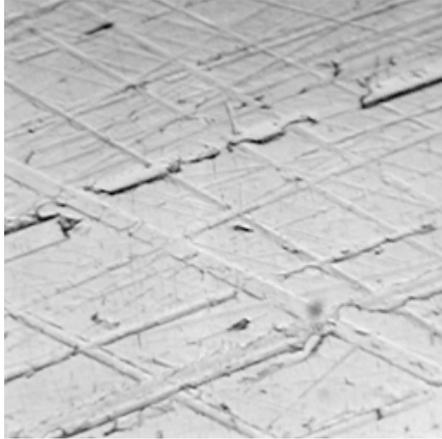
Symbolik
[gr. σύμβολον]



Problem bei der Automatisierung von Bildverarbeitungsaufgaben:

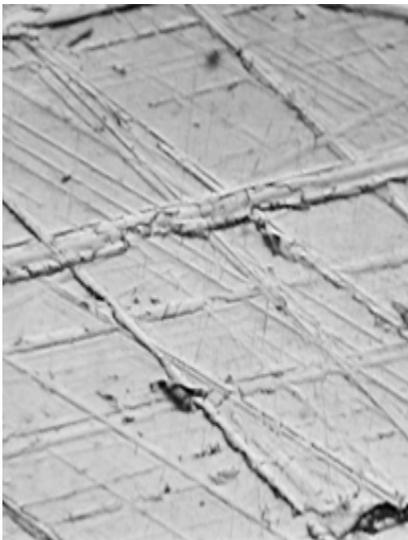
- Mensch kann eigenes Vorgehen oft nur unzureichend beschreiben:
Signalverarbeitung des visuellen Systems geschieht **nicht auf Bewusstseinssebene** (d. h. der Mensch kennt seine Algorithmen nicht!)
- Für gebräuchliche Digitalrechner braucht man **explizite Algorithmen!**

Beispiel: Nichttriviale Detektionsaufgaben Blechmantel, Webfehler



Beispiel: Auswertung von Zylinderlaufflächen von Verbrennungsmotoren

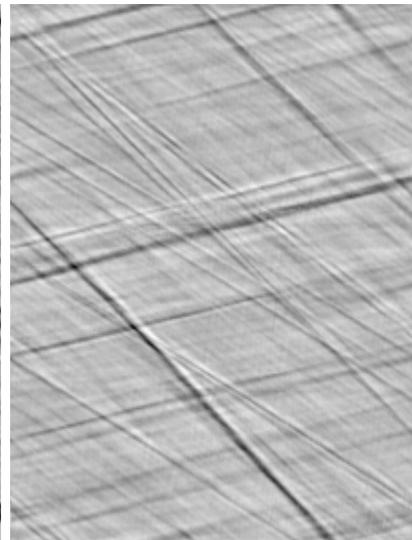
- Separation von Riefen und Hintergrund



Originalbild



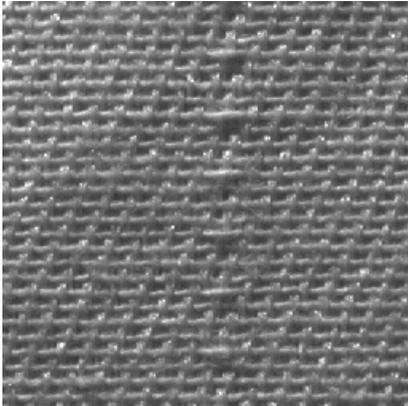
Hintergrund



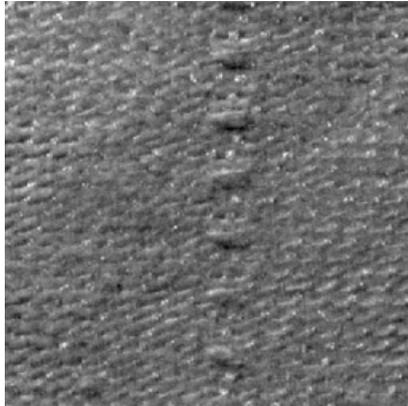
Riefenbild

Beispiel: Detektion von Webfehlern

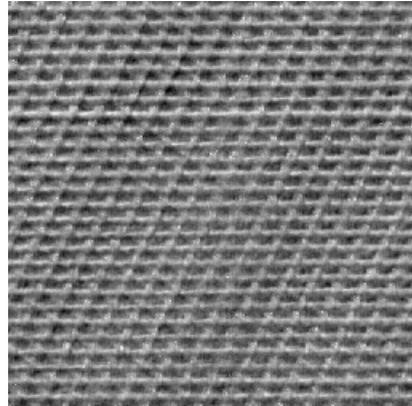
- Separation von Linien und Hintergrund



Originalbild



Hintergrund



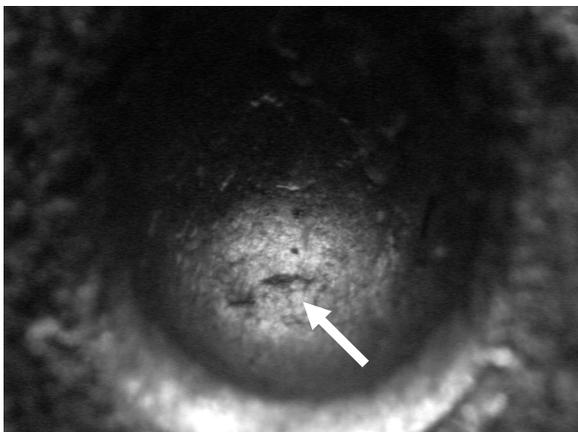
Linienbild



Beispiel: Kriminaltechnik

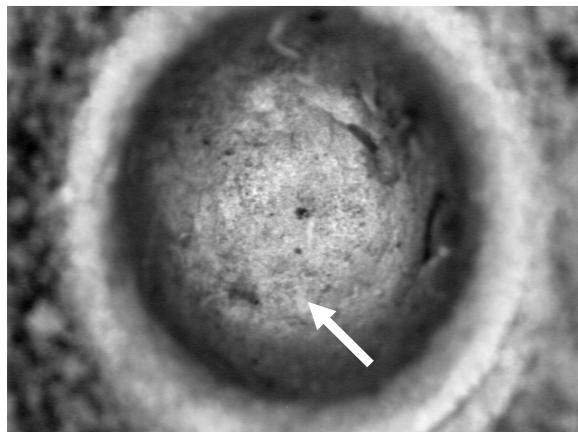
- Unterdrückung von Beleuchtungsproblemen...

gerichtetes Licht



+ lokal hoher Kontrast
– ungleichmäßige Ausleuchtung

diffuses Licht

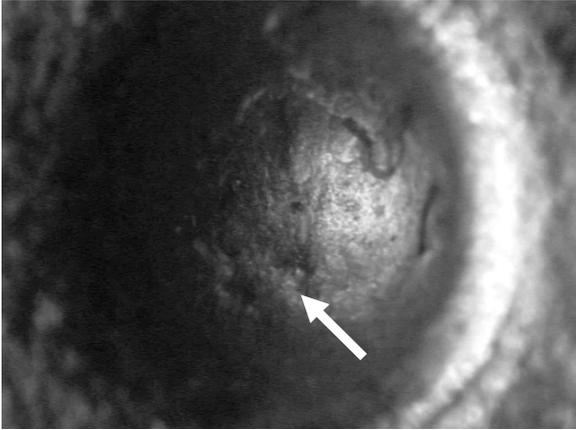


+ gleichmäßige Ausleuchtung
– geringer Kontrast

Beispiel: Kriminaltechnik

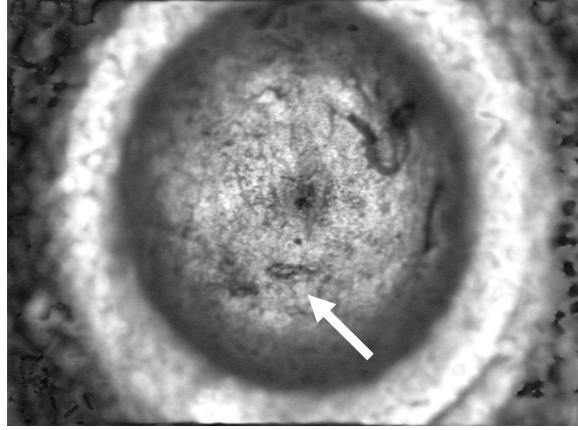
- Unterdrückung von Beleuchtungsproblemen durch Fusion von Bildserien

Beleuchtungsserie



+ lokal hoher Kontrast
– inhomogene Ausleuchtung

Fusionsresultat



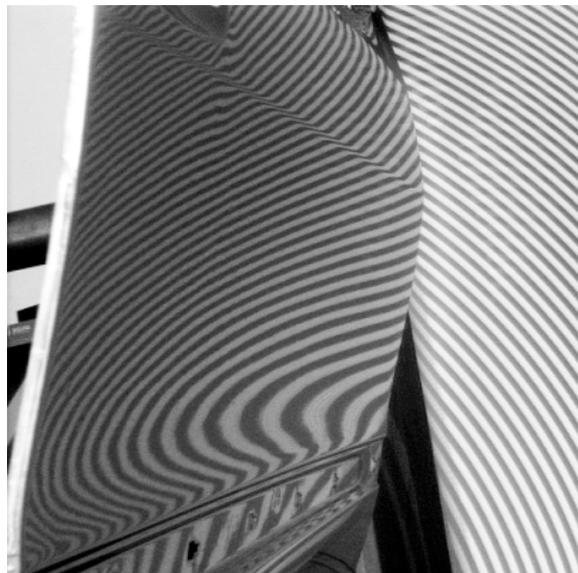
+ hoher Kontrast
+ homogene Ausleuchtung

Beispiel: Inspektion von Karosseriefächern

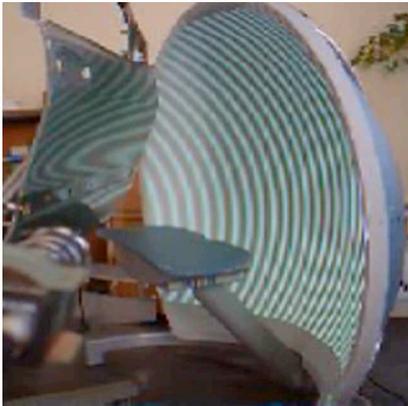
- Detektion ästhetischer Oberflächendefekte



lackierte Autotür



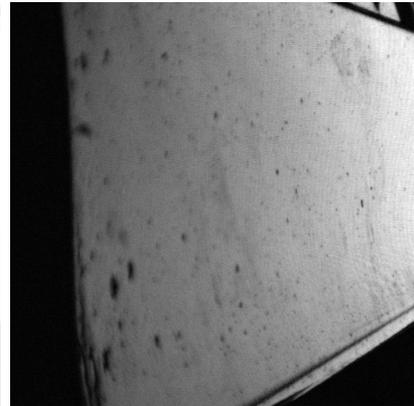
Autotür und Spiegelbild der
Umgebung



Messaufbau



Diffuse Beleuchtung



Auswertergebnis

Beispiel: Mensch-Maschine-Interaktion

- Präzise Augendetektion bei Kopfbewegung und variabler Beleuchtung

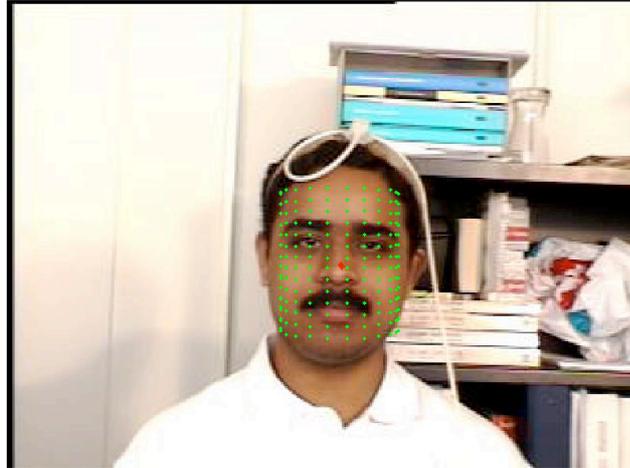


Beispiel: Mensch-Maschine-Interaktion

- Modellgestützte Kopfposen- und Blickrichtungsschätzung



Stand der Technik



Am IIT entwickeltes Verfahren



Mensch sieht „aktiv“ durch Rückkopplung der Signalauswertung in den Aufnahmevorgang

- ➔ **Aktive Veränderung der Aufnahmesituation zur Gewinnung besserer Bilder**

Schlagwörter:

- **Active Vision:** Kopplung von Sensoren, Bildauswertung und Aktoren zu Regelkreis
- **Künstliche Neuronale Netze:** dem Gehirn nachempfundene Rechnerarchitekturen, die ohne explizite Algorithmen an Beispielen trainiert werden

Aktuelle Trends:

- **Computational Imaging:** Die Erfassung von Lichtfeldern erlaubt es, auf eine scharfe optische Abbildung bei der Bildgewinnung zu verzichten und statt dessen die Bilder aus den Lichtfelddaten rechnerisch zu erzeugen.
- **Compressed Sensing:** Durch Aufnahme geeigneter Projektionen der Lichtfelder auf niedrigdimensionale Funktionenräume kann in vielen Fällen die Bildauswertung quasi optisch in Echtzeit realisiert werden.