

STEREOKAMERASYSTEME ZUR UMFELDERFASSUNG – MÖGLICHKEITEN UND LIMITIERUNGEN

Anko Börner
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
Institut für Optische Sensorsysteme

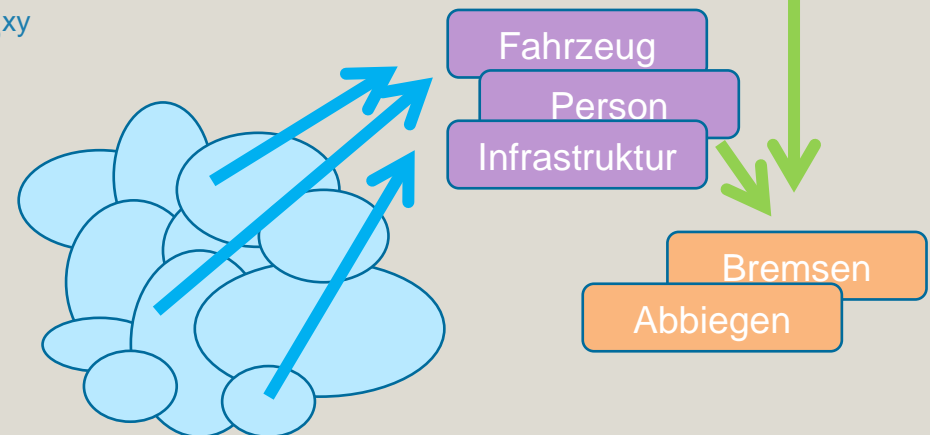
16. Mai 2018

INHALT

- Optische Systeme & Informationsgehalt
- Grundlagen Stereokamerasysteme
- Anwendungen
- Herausforderungen, Chancen und Begrenzungen
- KI-Systeme
- Simulatoren

OPTISCHE SENSOREN

- Menschliches Auge – unser Hauptsinnesorgan
- Kameras – technische Kopie
- Kernparameter: Informationsgehalt
 - Einzel-Sensor mit 8bit A/D-Wandler: $2^8 = 256$ Zustände
 - Zweidimensionaler Sensor: 256^{xy} Zustände mit $x, y \approx 1000$
 - Ggf. zusätzliche Dimensionen
 - Tiefe (RGB-D)
 - Zeitlich
 - Spektral

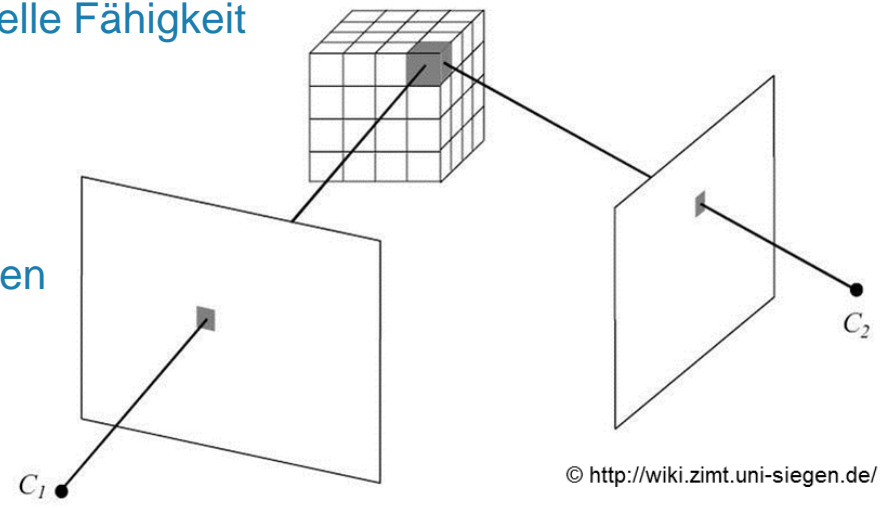
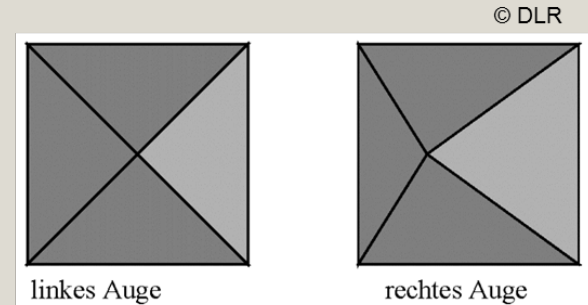
© <https://de.sott.net>

OPTISCHE SENSOREN

- Zweidimensionale räumliche Auflösung „treibt“ Informationsgehalt am signifikantesten
- Besondere Bedeutung von Kameras durch Analogie zum Auge
 - Verschiedene Klassifikationen: passiv/ aktiv, panchromatisch/ multispektral, ...
 - CCD + CMOS-Kameras: Silizium-Basis, nahezu identisch mit vom Menschen wahrnehmbaren Wellenlängenbereich, einfache Bild-Interpretation (Validierung)
- Prinzipiell auch andere Technologien (Radar, Lidar, PMD, Projektoren, ...)
 - Pros: Beleuchtungsunabhängig, direkte Messung, ...
 - Cons: Mehrdeutigkeiten bei N aktiven Systemen, scannende Systeme, ...
- Chancen und Herausforderung von abbildenden Sensoren
 - Riesiges Potential: (hochaufgelöster) M -dimensionaler Merkmalsraum
 - Große Herausforderungen: sichere Interpretation der Daten

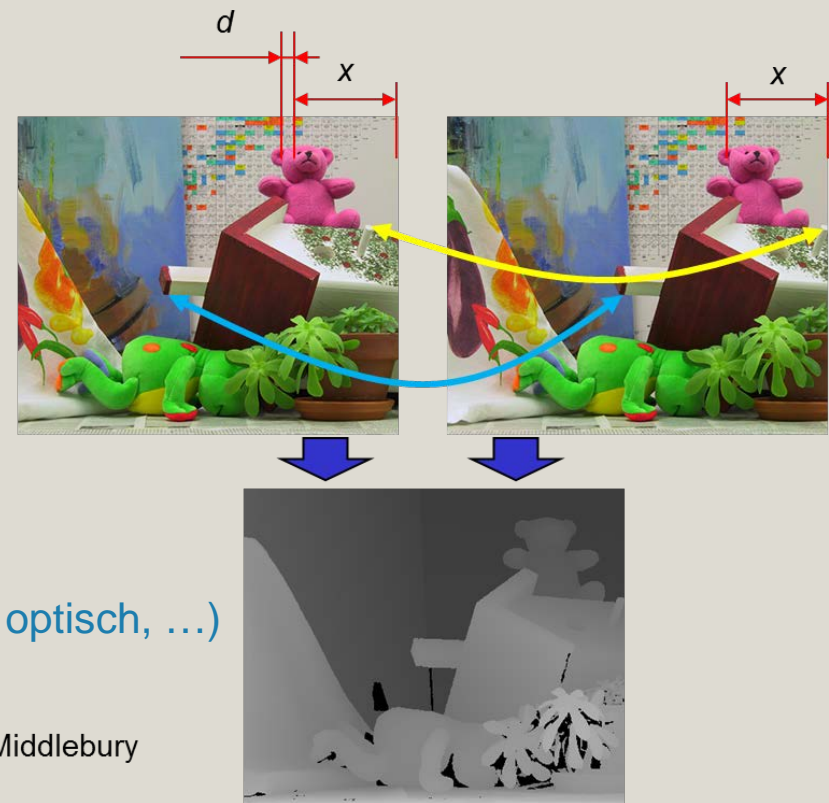
STEREOKAMERASYSTEME

- Ziel: Erzeugung von 3D-Informationen
- 3D-Messung aus einem 2D-Bild nicht möglich
- Messung eines 3D-Punktes bei mindestens 2 Bildern und bekannten Orientierungen
- Natürliche Lösung „Mensch“ – essentielle Fähigkeit
- Prozess
 - Identische Punkte finden
 - Orientierungsparameter bestimmen
 - Schnittpunkt bestimmen
 - 3D-Koordinaten ableiten
- Wichtig: kein direktes Messverfahren!!!



STEREOKAMERASYSTEME

- Punktzuordnung
 - Ähnlichkeitsmaße
 - Definition von Kostenfunktionen
 - Lokal: z.B. NCC
 - Global: z.B. SGM
 - Schwierigkeiten
 - Selbstähnlichkeit
 - Fehlende Struktur/ Textur
 - Stabilität (thermal, mechanisch, optisch, ...)
- Entfernung = $f(\text{Disparität})$
- Ergebnis: Pan-D/ RGB-D-Bild

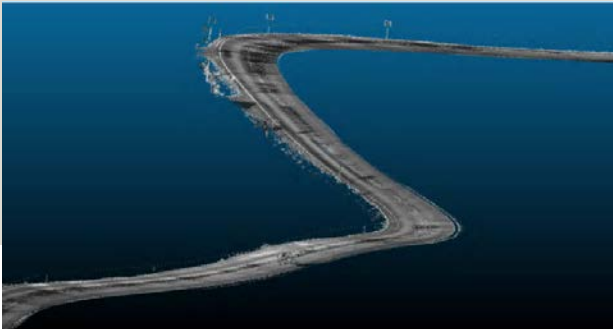


© Middlebury

ANWENDUNGEN (BEISPIELE)

Aus dem Fahrzeug heraus

- Verortung
- Collision Avoidance
- Platooning
- Straßenzustandserfassung
- Umgebungsmodellierung
- div. Mono-Kamera-Applikationen
- ...



In den Fahrzeuginnenraum

- Headtracking Fahrer
 - Head-Up-Display
 - Awareness
- Überwachung Fahrgastraum
 - Airbag
- ...

© DLR



© DLR

HERAUSFORDERUNGEN

- „Trivialitäten“
 - Zeitliche Synchronisation
 - Geometrische Kalibrierung ($f(T)$), dynamische Validierung
 - Echtzeitfähigkeit (Datenrate)
- Charakterisierung des Gesamtsystems ($f(\text{Umgebung}, T, \dots)$)
- Datenqualität \Rightarrow Informationsqualität
- Datensicherheit (Datenschutz ... Schutz vor Cyber-Attacken)
- Automatische Prozessierung, z.B.
 - Konsistenz-/ „Health“-Check
 - Steuerung der Belichtungszeit (Über-/ Unterbelichtung (Sonne, Lampen))
 - Kompression

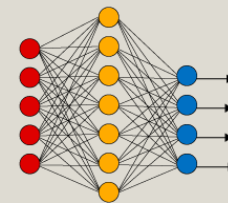
CHANCEN UND BEGRENZUNGEN

- Chancen
 - Informationsgehalt
 - Zugriff auf Standard-Technologien
 - Technologietreiber Phones/ Tablets/ Kameras...
 - Massenmarkt Automotiv
- Begrenzungen
 - Beleuchtung
 - Indirekte Verfahren (immer komplexe Datenverarbeitung)

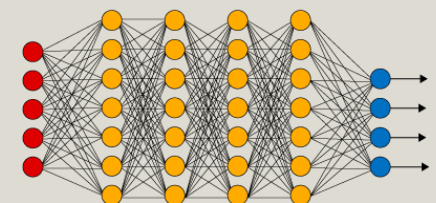
KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

- Machine Learning \Rightarrow Deep Learning
- Voraussetzung: Datenbasis + Vernetzung + CPU + Algorithmen
- Riesiges Potential, aber: wir verstehen nicht, was genau in den Neuronalen Netzen passiert
- Singularität:
 - Zentralisierung
 - lokal begrenzter Effekt vs. globale Epidemie
- Sicherungsmechanismen
 - QA für Machine Learning
 - Hacker-/ Manipulationsschutz

Simple Neural Network



Deep Learning Neural Network



● Input Layer ● Hidden Layer ● Output Layer

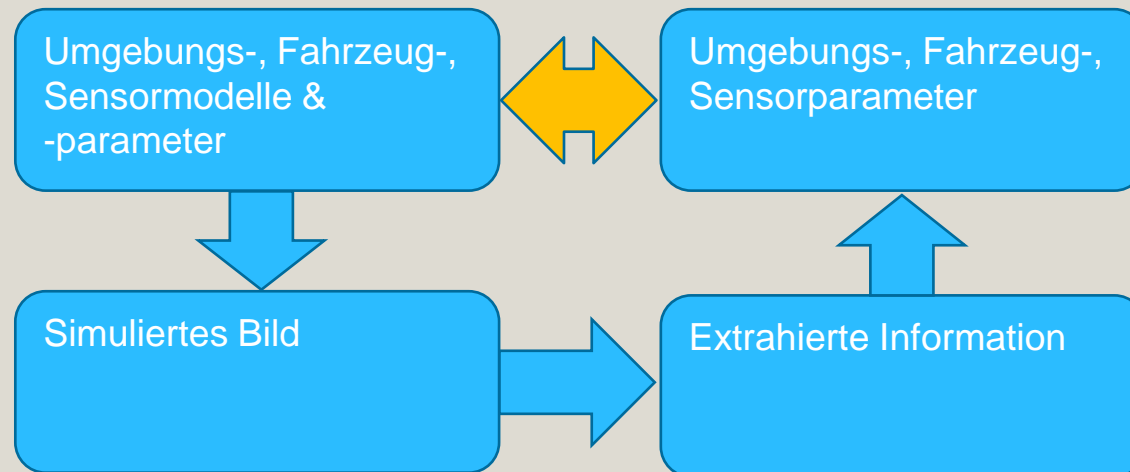
© <http://www.global-engage.com>



© DLR

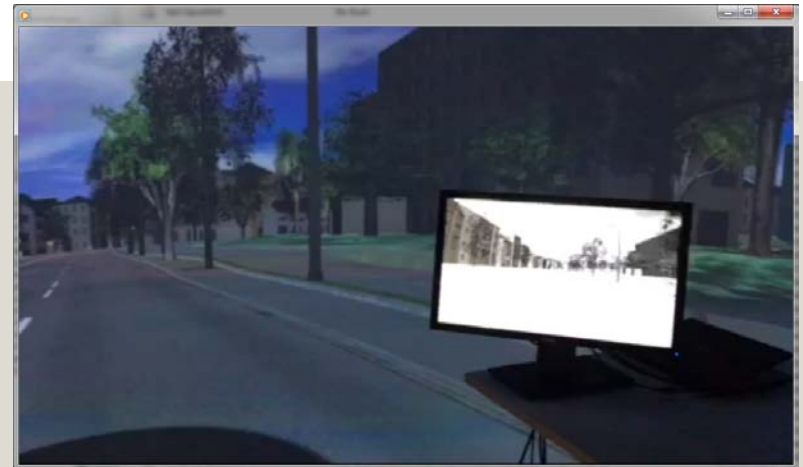
SIMULATOREN

- Gesamte Systemkette im Computer nachbilden (Quelle \Rightarrow Umwelt \Rightarrow Sensor)
- Berücksichtigung aller relevanten physikalischen Effekte
- Trennung der Einflüsse verschiedener Parameter
- Validierung durch ausgewählte reale Tests



SIMULATOREN

- Anwendungen
 - Performanceabschätzungen
 - Systemoptimierungen
 - Systementwicklungen
- Beispiel: Optisches Navigationssystem
- Szenarien
 - Reale Daten in realer Umgebung
 - Reale Daten in synthetischen Szenen
 - Synthetische Daten in synthetischer Umgebung
 - Synthetische Daten in realen Szenen



AUSBLICK

- Zukünftige Aufgabenstellungen
 - Neue Sensoren: Wirkprinzipien, Detektormaterialien
 - Fusion mit anderen Sensoren und Kommunikationssystemen
 - Datenverarbeitung: on-chip ...
 - Erhöhung der Qualität von Informationen
 - Privacy Preserving Data Processing
 - Systembetrachtungen