

Digitale Bildverarbeitung

Prof. Dr. Sibylle Schwarz
HTWK Leipzig, Fakultät IM
Gustav-Freytag-Str. 42a, 04277 Leipzig
Zimmer Z 411 (Zuse-Bau)

<https://informatik.htwk-leipzig.de/schwarz>
sibylle.schwarz@htwk-leipzig.de

Sommersemester 2019

Bildverarbeitung – Motivation

Menschen entnehmen visuellen Eindrücken sehr viel Information (ca. 90%)

oft Bilder dreidimensionaler Szenen

maschinelle Bildverarbeitungsverfahren dienen der

- ▶ Informationsgewinnung aus Bildern
(Bilderkennung, Bildanalyse)
- ▶ Unterstützung der Informationsgewinnung aus Bildern
(Bildbearbeitung)
- ▶ Darstellung der Information aus Bildern
(Szenenrepräsentation)

Bildwahrnehmung

Szene: Foto vom Laborgebäude

Objekte: Wolken, Gebäude, Kunst

Regionen: Himmel, Fassadenteile

Texturen: Wirbel-, Linienstrukturen

Ecken, Kanten: (Farb-)Kontrast

Pixel: Farbwert

Rohdaten: Fotoaufnahme

Digitale Bildbearbeitung – Ziele

Informationsgewinn Extraktion / Hervorhebung der relevanten
Bildinhalte zur menschlichen oder maschinellen
Weiterverarbeitung

Informationsverlust beabsichtigt
Abstraktion von unwichtigen Details
(entfernen, abschwächen)

Bildverarbeitung – Einsatzgebiete

Medizin , Biologie, Astronomie:

Aufnahme und Auswertung z.B. von Mikroskop-,
Teleskop-, Röntgen-, Ultraschall-, CT-Bildern

Zeichenerkennung (OCR):

Text, Handschrift, Symbole, Noten

Überwachung , z.B. industrieller Prozesse, Verkehr,
Qualitätskontrolle, Materialprüfung

Luftbilder und Satellitenaufnahmen
z.B. bei Kartierung, Erkundung, Meteorologie

Biometrie (Identifikation zur Authentifizierung, Kriminalistik):
Finger-, Handabdruck, Iris-Scan zur

Autonomes Fahren Bewegungsplanung und -korrektur,
Orientierung

Bildverarbeitung – Aufgaben

Aufnahme durch technische Systeme

Erzeugung künstlicher Bilder (z.B. Texturen)

Wiedergabe Bildschirm, Druck

Analyse statistischer Merkmale

Transformation , z.B. Entrauschen, Kontrastverstärkung

Restaurierung gestörter Bilder

Erkennung im Bild enthaltener Kanten, Ecken, Objekte

Interpretation der dargestellten Szene (Art, Anordnung der Objekte)

z.B. in medizinischer BV, Lokalisierung

Kompression zur effizienten Speicherung mit möglichst wenig visuellen Verlusten

digitaler Bilder

Bildverarbeitung – Verwandte Gebiete

Signalverarbeitung , (z.B. Audiosignale) ähnliche Techniken
(z.B. statistische Merkmale,
Fourier-Transformation, Filter)

Bildbearbeitung häufig mit spezialisierter Software

Computergraphik Erzeugung von Bildern aus geometrischen
Objektmodellen

Virtual Reality kombinierte Darstellung realer und künstlicher
Szenen, z.B. für Spiele, Filme, Anleitungen

Computer Vision (Bildverstehen, Bilderkennung)
Transformation von Bildern in abstrakte
Beschreibungen der im Bild dargestellten Szene,
z.B. für Anwendungen in der Robotik

Algorithmische Geometrie Datenstrukturen und effiziente
Algorithmen für typische geometrische Aufgaben
(z.B. für Gestenerkennung,
Geoinformationssysteme)

Einordnung in die Informatik

Informatik Lehre von der Darstellung und Verarbeitung von **Information** durch **Algorithmen**

Teilgebiete der Informatik:

theoretisch

- ▶ Sprachen zur **Formulierung von Information** und Algorithmen,
- ▶ Möglichkeiten und Grenzen der Berechenbarkeit durch Algorithmen,
- ▶ Grundlagen für technische und praktische (und angewandte) Informatik

technisch

- ▶ **maschinelle Darstellung von Information**
- ▶ Mittel zur Ausführung von Algorithmen

(Rechnerarchitektur, Hardware-Entwurf, Netzwerk, ...)

praktisch Entwurf und Implementierung von **Datenstrukturen und Algorithmen**

(Betriebssysteme, Compilerbau, SE, ...)

angewandt Anwendung von Algorithmen:
Text- und **Bildverarbeitung**, Datenbanken, **KI**,
Wirtschafts-, **Medizin-**, **Bio-**, **Medieninformatik**, ...

Inhalte der Lehrveranstaltung

- ▶ digitale Bilder
- ▶ statistische Merkmale
- ▶ Punktoperationen (Farb-, Helligkeits-, Kontraständerungen)
- ▶ geometrische Operationen (Projektionen, Verschiebungen, Verzerrungen, Koordinatentransformation)
- ▶ Spektrum, Fourier-Transformation
- ▶ Lokale Operationen, Filter (Hochpass-, Tiefpass-)
- ▶ Merkmalerkennung: Ecken, Kanten, Kurven
- ▶ morphologische Operationen, Skelettierung
- ▶ Segmentierung, Objekterkennung, Klassifikation

Organisation

- Vorlesung:**
- ▶ 3 Wochen je 2 V
 - ▶ 6 Wochen je 1 V + 1 P
 - ▶ 3 Wochen je 2 P Anwendungsprojekte
 - ▶ 2 Wochen je 2 V (incl. Projektpräsentationen und Besprechung der Übungsaufgaben)

Übungsaufgaben zur Prüfungsvorbereitung:
gelegentlich Übungsserien als Hausaufgaben,
Besprechung in den letzten Vorlesungen

- Praktikum:** ab Ende April
- ▶ zunächst: Praktikum-Aufgaben (ImageJ)
 - ▶ nach Pfingsten: Arbeit an Anwendungsprojekten

Prüfungsvorleistung: zwei „Projekte“:

1. Praktikum-Aufgabenserien
2. Anwendungsprojekt mit Selbststudium-Anteil (Recherche, Entwicklung, Dokumentation, Präsentation in letzten LV-Wochen)

Prüfung: Klausur (120 min)
Aufgabentypen wie Übungsaufgaben
(Notenverbesserung durch Projekt-Bonus möglich)

Bilder

Bild ist Funktion $B : \text{pos} \rightarrow \text{col}$ mit

pos : Menge der **Positionen** im Bild

col : Menge der **Werte (Farben)** im Bild mit verschiedenen Bedeutungen, z.B.

- ▶ Intensitäten (Grauwerte),
- ▶ Tupel von Farbtintensitäten,
- ▶ Adressen (Hashwerte) in Lookup-Tabellen,
- ▶ Tiefen-Information (Abstand)

reale Bilder: $\text{pos} \subseteq \mathbb{R}^n$ und $\text{col} \subseteq \mathbb{R}^{\mathbb{R}}$

unendliche stetige Bereiche

digitale Bilder:

pos und col **endliche diskrete** Bereiche $\subseteq \mathbb{N}^n$

pos meist Rechteckgitter

$\{0, \dots, m_1\} \times \dots \times \{0, \dots, m_n\}$, z.B.

$\text{pos} = \{0, 1, 2\} \times \{0, \dots, 3\}$

(0, 0)	(0, 1)	(0, 2)	(0, 3)
(1, 0)	(1, 1)	(1, 2)	(1, 3)
(2, 0)	(2, 1)	(2, 2)	(2, 3)

Digitale 2D-Bilder

digitales Bild (2D) mit rechteckigem Positionen-Raster

$$\text{pos} = \{0, \dots, m-1\} \times \{0, \dots, n-1\}$$

(Höhe m , Breite n),

kann betrachtet werden als

1. Funktion $B : \text{pos} \rightarrow \text{col}$
(ordnet jeder Position einen Farbwert zu)
2. 2D-Matrix $B \in \text{col}^{m \times n}$
(mit Farbwerten als Einträgen)

Pixel (picture element):

Eintrag in dieser Matrix mit seiner Position,
Adresse: (Zeile, Spalte)

z.B. Pixel an Adresse (1, 2) hat Wert 1 im Bild B

$$B = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad B(1,2) = 1$$

Farbwertbereiche

Schwarz-Weiß-Bilder mit Werten aus $\text{col} = \{0, 1\}$
meist 0 für schwarz und 1 für weiß

Grauwertbilder mit Intensitäten (Helligkeiten) aus
 $\text{col} = \{0, \dots, k\} \subseteq \mathbb{N}$
meist 0 für schwarz und k für maximale Intensität,
oft $k = 2^n - 1$ für ein $n \in \mathbb{N}$, meist $n = 8$, also
Intensitäten $\{0, \dots, 255\}$
(eindimensional)

Farbbilder mit k Farbkomponenten (Spektrum)
meist $\text{col} \subseteq \mathbb{N}^k$ oder $\text{col} \subseteq [0, 1]^k \subseteq \mathbb{R}^k$
(k -dimensional, Koordinaten bedeuten
Farbintensitäten)
Beispiel RGB: $\text{col} \subseteq \{0, \dots, 255\}^3$

Auflösungen

Ortsauflösung |pos| (Rasterung):

Anzahl der Positionen (Zeilen und Spalten)

oft **hohe Auflösung notwendig** zum Erkennen der dargestellten Szene

Farb-, Kontrastauflösung |col| (Quantisierung):

Anzahl der Farbwerte,

oft **geringe Auflösung ausreichend** zum Erkennen der dargestellten Szene

Menschliches Sehen

Auge: Linse bildet Original auf Netzhaut (Retina) ab

Netzhaut enthält Fotorezeptoren:

- ▶ $130 \cdot 10^6$ **Stäbchen** registrieren **Intensität**
(< 100 Grauwerte, $2^8 = 256$ Grauwerte genügen für realistischen visuellen Eindruck)
- ▶ $6 \cdot 10^6$ **Zapfen** registrieren **Farben** ($7 \cdot 10^6$ Farbtöne)
je ein Zapfentyp für Grün, Rot, Blau (in absteigender Empfindlichkeit)
Durch Mischung der drei RGB-Farbkanäle
(Spektralbereiche) lässt sich redundanzarm ein **visueller Eindruck** erzeugen, der dem natürlich wahrgenommenen Bild recht ähnlich ist.

Für Bilder zur automatischen Auswertung sind oft auch andere Spektralbereiche und Auflösungen sinnvoll.

Das im Auge empfangene diskrete Signal wird im Gehirn zu einem stetigen Gesamteindruck interpoliert

Farben in Kamerasystemen

Jeder Sensor registriert einen festen Spektralbereich (nur Intensität in diesem Bereich).

Multispektralkamera enthält mehrere Sensoren für verschiedene Spektralbereiche

Ausgabe der Intensitäten meist diskret, also $\subseteq \mathbb{N}$

Farbbereich mit k Farbkomponenten: $\text{col} \subseteq \mathbb{N}^k$

Zuordnung von (Sensor-)Werten zu Farben oft in **Lookup-Tabellen** (LUT)

Farbmodelle

Farbmischung:

additiv Kombination von Lichtquellen verschiedener Farben

z.B. RGB (Rot, Grün, Blau)

$$\text{col} = \{0, \dots, 255\}^3 = \{0, \dots, 2^8 - 1\}^3$$

zur Erzeugung realitätsnaher visueller Eindrücke im Display

subtraktiv Kombination von Filtern für verschiedene Farben
z.B. CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, Key)

$$\text{col} = \{0, \dots, 255\}^4 = \{0, \dots, 2^8 - 1\}^4$$

zur Erzeugung realitätsnaher visueller Eindrücke beim Druck

für wissenschaftliche Bildverarbeitung auch andere (größere, feinere) Spektralbereiche

- ▶ Falschfarben
- ▶ Kontrasterhöhung
- ▶ Überlagerung verschiedener Informationen