

# 3D Objekterkennung

Seminar „Mustererkennung in Bildern und  
3D Daten“

Jürgen Körtt

# Übersicht

- Einleitung
- Allgemeine Problemstellungen
- Statistischer-Muster-Erkennungs- Ansatz
- CAD Ansatz
- Strukturelle Mustererkennung
- Zusammenfassung

# Einleitung

- 6jähriger erkennt ca. 30000 Objekte
- Ziel: Auch Roboter sollen erkennen
- Problem: Was ist ein Objekt?
- Problem: veränderliche Formen
- Kein allgemeines Modell, je nach Umgebung und Anwendung
- Erkennung durch Form, Tiefe und Intensität

# Allgemeine Problemstellung (1)

- Technische oder Kognitive Erkennung
  - Ergreifen eines Objektes oder Nachahmung der menschlichen Wahrnehmung
- Natürliche oder künstliche Objekte
  - Künstlich = regelmäßiger, ikonische Modelle
  - Natürlich = durch Prozesse entstanden, viele Variationen
- Starr oder veränderliche Objekte
  - starre Objekte mittels Transformation matchbar
  - Veränderliche = über Gelenke verbundene Teile

# Allgemeine Problemstellung (2)

- regelmäßige oder frei geformte Objekte
  - regelmäßig = beschreibbar durch wenige geometrische Grundformen
  - Frei geformte nicht einfach modellierbar
- Einzelne oder Mehrere Objekte
- Ziel der Erkennung
  - Qualitätskontrolle, Ergreifen oder Ausweichen

# Allgemeine Problemstellung (3)

- 2D oder 3D Messdaten
  - 2D: 3D-Messdaten auf 2D projiziert und verglichen
  - 3D: möglicherweise direktes Vergleichen mit Modell
- Erlernbare oder vorprogrammierte Modelle

# Anforderungen an das Matching-Verfahren


- Bildinterpretation muss
  - angemessene Beschreibbarkeit besitzen
  - Stabil sein in Bezug auf Skalierung, Bildrauschen und Konfiguration
- Bearbeitung großer Mengen von Objekten an beliebigen Orten und Lagen
- Schnell, fehlerfrei und lernfähig
- Ermittlung des Grades der Übereinstimmung

# Statistischer-Muster-Erkennungs- Ansatz (1)

- Objekte beschrieben als Liste oder Vektor von Merkmalen
- Globale Merkmale: Volumen, Oberfläche, Länge, Achsen, Löcher, Kanten usw.
- Nicht alle Merkmale immer sichtbar
- Verschiedene Verfahren zum prüfen der Merkmalsvektoren



# Beispiel für Merkmalsvektor



The image shows three hand-drawn sketches of objects: a cucumber, a tomato, and a donut. The cucumber is an elongated oval shape. The tomato is a circle. The donut is a circle with a smaller circle inside it, representing the hole.

	cucumber	tomato	donut
longest axis	150	100	100
height	50	100	50
elongation	3	1	1
volume	280000	500000	200000

# Statistischer-Muster-Erkennungs- Ansatz (2)

- Vorteile:
  - Kompakte Objektbeschreibung
  - Schon vorhandene Techniken benutzbar
- Nachteile:
  - Nur isolierte Objekte
  - Eine Ansicht meist nicht ausreichend
  - Aus Beschreibung kein Objekt generierbar

# Statistischer-Muster-Erkennungs- Ansatz (3)

- Erweiterung: Viewsphere-Modell
  - Mehr als 200 Ansichten je Objekt
  - Vereinfachung möglich durch Umgebungsbedingungen, die nur wenige stabile Lagen der Objektes zulassen

# Statistischer-Muster-Erkennungs- Ansatz, Methoden (1)

- Mustererkennung
  - Für Objekt wird Klasse gesucht, die am wahrscheinlichsten ist, während alle anderen Klassen unwahrscheinlich sind
  - Klassen müssen sich stark unterscheiden
- Entscheidung anhand stückweiser linearer Flächen
  - Objektklassen bilden Cluster, die von Hyperflächen umschlossen werden
  - Entscheidung ob Objekt in Cluster, kann mittels der Hyperflächen berechnet werden
  - Auch Hierarchie möglich

# Statistischer-Muster-Erkennungs- Ansatz, Methoden (2)

- k-nächste Nachbarn
  - Objekte in k-d-Baum
  - k nächsten Nachbarn werden gesucht
  - Ergebnis = Klasse mit meisten Merkmalen des Objektes unter den k-Nachbarn
  - Einfache, direkte Implementierung
  - Annäherung an optimale statistische Entscheidung (wenn k gegen unendlich geht)
  - Neue Vektoren können einfach in Klassifikation aufgenommen werden

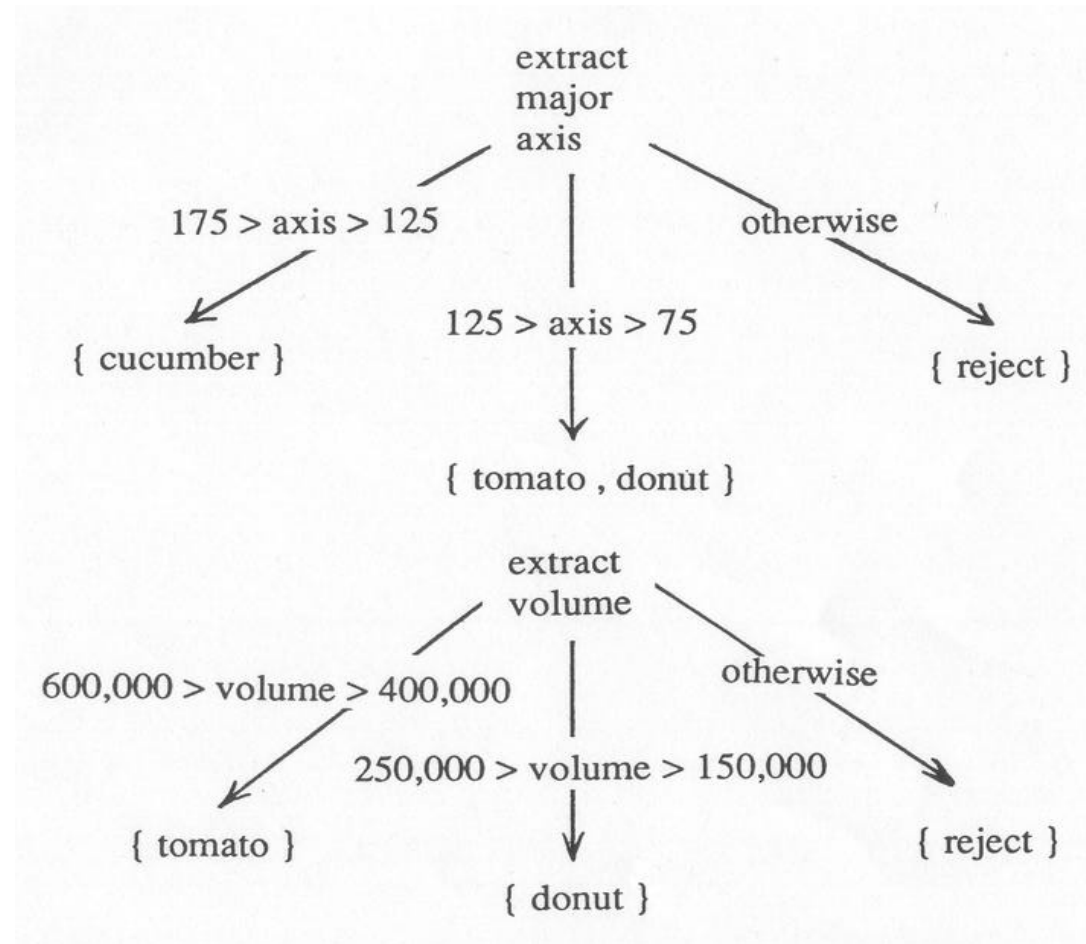
# Statistischer-Muster-Erkennungs- Ansatz, Methoden (3)

- Prototyp Matching
  - Jede Klasse wird durch Prototypen representiert, der aus den Mittelwerten berechnet wird
  - Matching durch minimale euklidische Distanz der Prototypen zum Objekt
  - Kompakte Speicherung der Klassen (nur ein Prototyp)
  - Einfache Berechnung (bei geringer Klassenanzahl)
  - Optimale statistische Technik, wenn Merkmale statistisch unabhängig

# Statistischer-Muster-Erkennungs- Ansatz, Methoden (4)

- Sequentielle Entscheidungen
  - Nicht alle Merkmale prüfen, sondern nur eins nach dem anderen, bis Entscheidung sehr wahrscheinlich ist
  - Entscheidung, welches Merkmal geprüft wird ist abhängig von bisherigen Merkmalen und den wahrscheinlichsten Klassen
  - Reject - Klassen enthalten, damit Suche in „Sackgassen“ abgebrochen werden kann
  - Diese Entscheidungsbäume können formal berechnet werden, werden aber meist heuristisch konstruiert
  - Einfache Umsetzung auf normalen Computern möglich

# Beispiel für Entscheidungsbaum





# CAD Ansatz (1)

- Objekte aus geometrischen Grundformen
- Ziel: Darstellung der Messwerte durch quadratische Funktion mit 10 Parametern
- Problem von mathematischen Flächen mit Rauschen, Verdeckung und Segmentierung
- CAD-Modelle erweitern um Merkmalsbasierte Modellierwerkzeuge

# CAD Ansatz (2)

- Geometrisches Matching benötigt hervorstechende Merkmale mit zusätzlichen Informationen
- Erkennung durch Ermittlung der Transformation von Modellmerkmal zum Objektmerkmal (registration paradigm)
- Transformation erhält Relationen Abstand, Winkel, Verbindungen, Zwischenrelation

# CAD Ansatz (3)

- Je eine Transformation für alle Merkmalspaare
- Pose-Clustering
  - Für eine Menge von Paaren  $M$  (Mustermerkmale) und  $S$  (gemessenes Merkmale) werden die zugehörigen Transformationen berechnet
  - Transformation mit den meisten Treffern ist Ergebnis
- Hypothese & Test
  - Jede gefunden Transformation wird mit den restlichen Paaren  $(M,S)$  getestet
  - Wenn genügend Paare  $(M,S)$  mit der Transformation übereinstimmen, wird diese akzeptiert

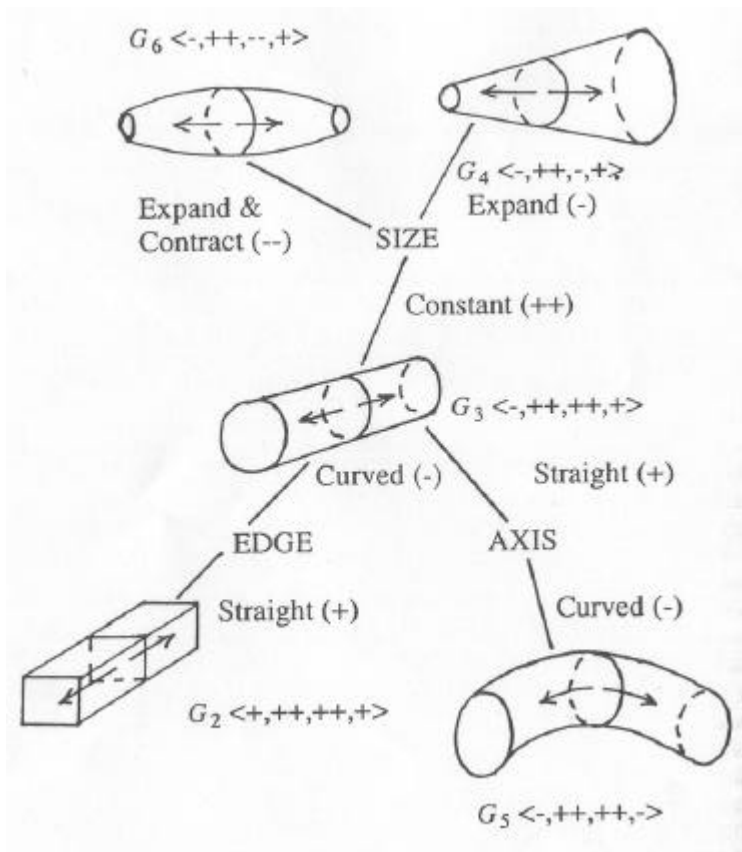
# CAD Ansatz (4)

- Probleme
  - Ungeeignet für kognitives Erkennen, das sequentielles Durchgehen der Paare (M,S)
  - große Anzahl von Paaren
  - 90%-99% von Paarungen unzutreffend
  - Möglichkeit: Einführung höherwertiger Merkmale, die vorrangig geprüft werden

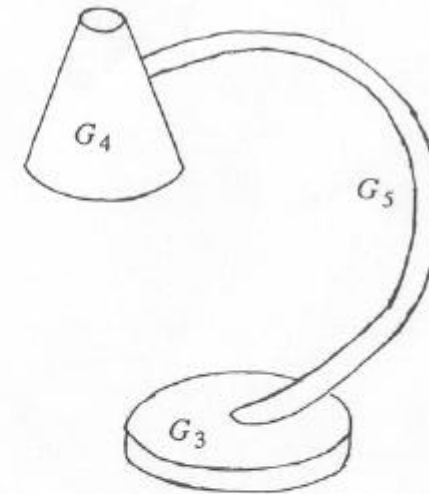
# Strukturelle Mustererkennung (1)

- Objekt als Zusammensetzung von Teilen
- Aktuelle Forschung
- Hauptproblem: Erkennen der Einzelteile
  - Allgemeine Segmentierung nicht einfach
- 36 Grundformen (geon = geometrical ions) definiert durch Querschnitt, Kanten und Achse

# Bispiele für Geons



(a) 2-geon lamp



(b) 3-geon lamp

$G_4$  : <-,+,+,+,-,+> lamp shade  
 $G_3$  : <-,+,+,+,+,+> lamp base  
 same size  $G_3, G_4$   
 top connected  
 end-to-end  
 join short side  $G_4$   
 join short side  $G_3$

# Strukturelle Mustererkennung (2)

- Experimente zeigen, dass Geons allein durch Kanten erkennbar sind
- Anderer Ansatz mittels Superquadriken
- ca. 75000 2geon-Objekte
- ca. 1.5 Mio. 3geon-Objekt
- Echte 3D Erkennung
- Noch keine Implementierung

# Zusammenfassung

- Keine allgemeine Erkennung für alle Anwendungsbereiche
- Anwendungen und Forschungen immer unter Berücksichtigung und Annahme von Randbedingungen
- 2D bzw. 2 1/2D Erkennung funktioniert recht gut, aber für echte 3D Erkennung muss noch weiter geforscht werden



# Quellen

- „Object Recognition“ by George Stockman,  
Computer Science Department Michigan  
State University