

# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

## 9 Wissensbasierte Bildinterpretation

### („Bildverstehen“)

(Wissen, Wissensrepräsentation, Modelle, Kontrollstrategien)

**Bildverstehen** heißt, Zusammenhang herstellen:

- zwischen Größen aus dem Bild
- und dem zugrunde liegenden Problemkreis  
(erfordert Wissen!)

Ziele: Beschreibung der Szene mit ...

- ... Objekten (isoliert)
- ... Eigenschaften der Objekte
- ... Beziehungen zwischen den Objekten und
- ... Interpretation der Gesamt-Szene.

Einordnung der Aufgabenstellungen:

- niederes Verstehen (z.B. Fingerabdruck zuordnen, Werkstück detektieren)  
Ausgaben: z.B. ja/nein, Koordinaten, ...
- mittleres Verstehen (z.B. Klassifikation von Objekten, Navigation in präparierter Umgebung, Kollisionsvermeidung, Greifen, ...)  
Ausgaben: Klassen-Name, Steuerungs-Signale, „Achtung“, ...
- höheres Verstehen (möglichst komplette Beschreibung des Bildinhaltes; z.B. für intelligente Blindenbrille oder vollautonomen Roboter)  
Ausgaben: Beschreibung des Bildinhaltes (siehe oben, unter „Ziele“).



# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

Eines der Hauptprobleme:

## **Diffuses Wissen:**

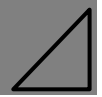
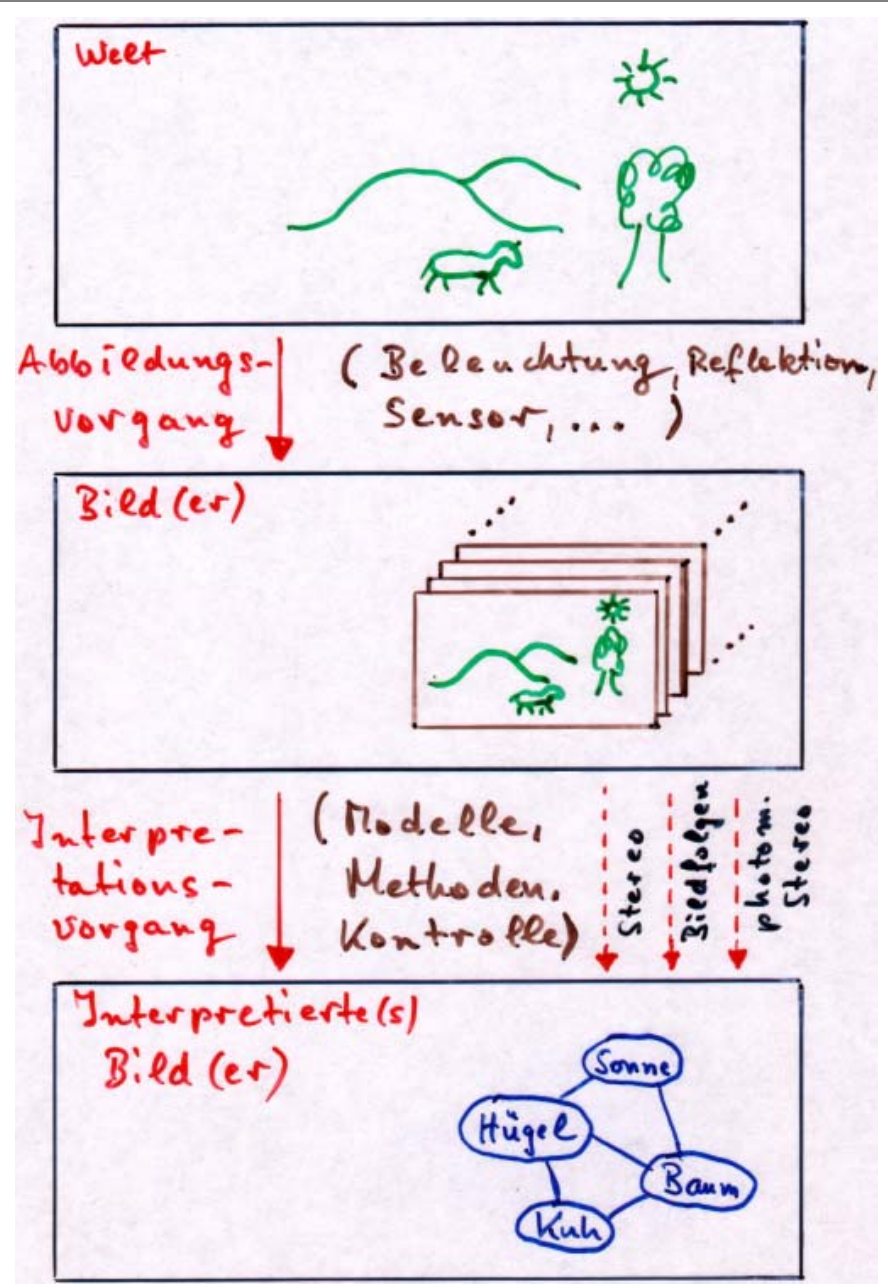
<u>Eingabedaten</u>	<u>Wissen</u>	<u>Folgerungen</u>
* fehlerhaft	* unvollständig	* mehrstufig
* verrauscht	* unsicher	* mehrdeutig
* unzuverlässig	* vage	* hypothetisch
* unzugänglich	* unstrukturiert	* approximierend
* inkonsistent		* heuristisch

Quelle: „Industrielle Bildverarbeitung“, R.-J. Ahlers, H. J. Warnecke, Addison Wesley



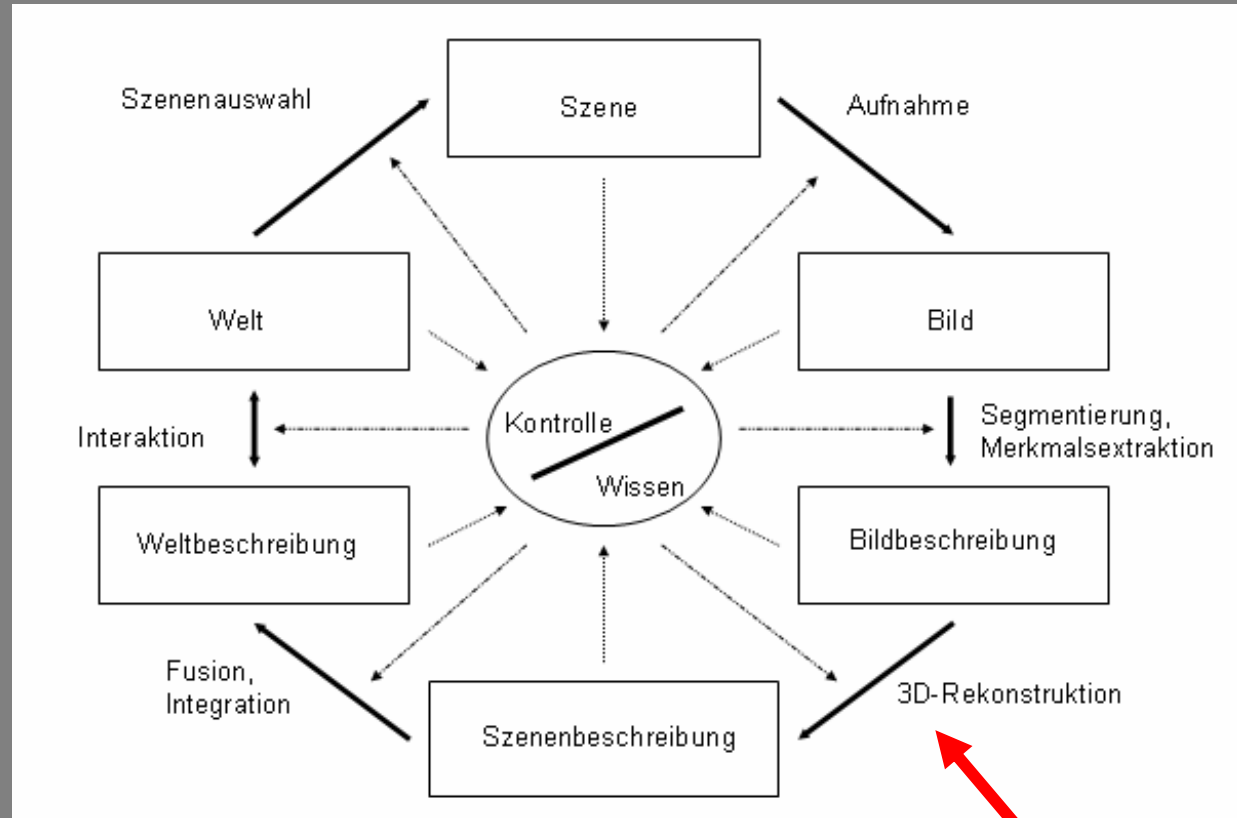
# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

Modellgesteuerte Bildanalyse  
(Zuerst ganz grob)



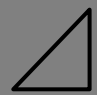
# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

Jetzt genauer: Allgemeines System-Modell für eine wissensbasierte Bildinterpretation (nach Kanade/Pinz)



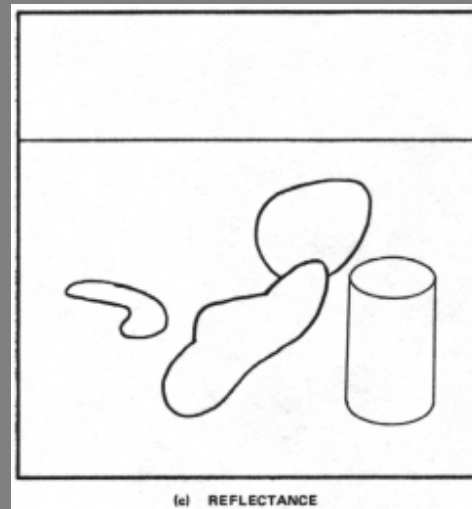
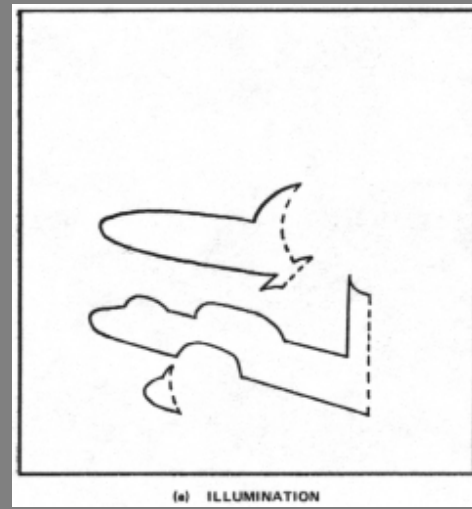
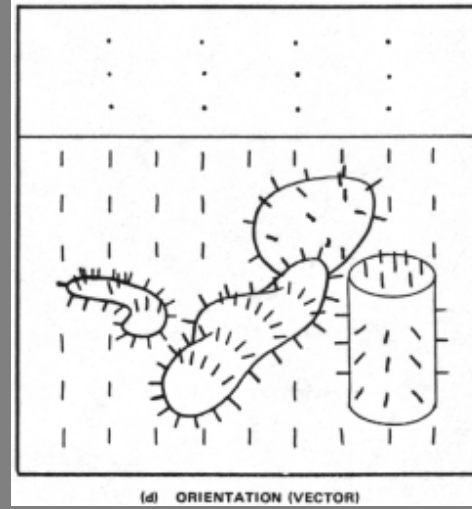
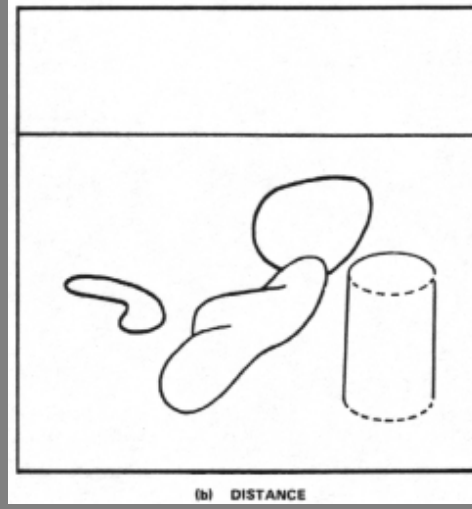
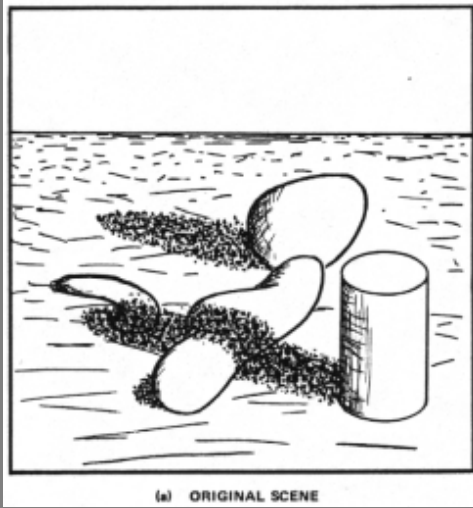
Quelle: nach: „Bildverstehen“; Axel Pinz; Springer

Hier helfen: „Intrinsic Images“



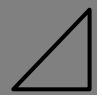
# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

**Intrinsic Images (1):** (Abstand, Oberflächen-Orientierung, Beleuchtung, Reflektions-Eigenschaften)



Durchgezogene Linie: Unstetigkeit des betreffenden Wertes;  
Gestrichelte Linie: Unstetigkeit der 1. Ableitung des betreffenden Wertes.

Quelle: "Computer Vision Systems",  
A. R. Hanson, E. Riseman,  
Academic Press



# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

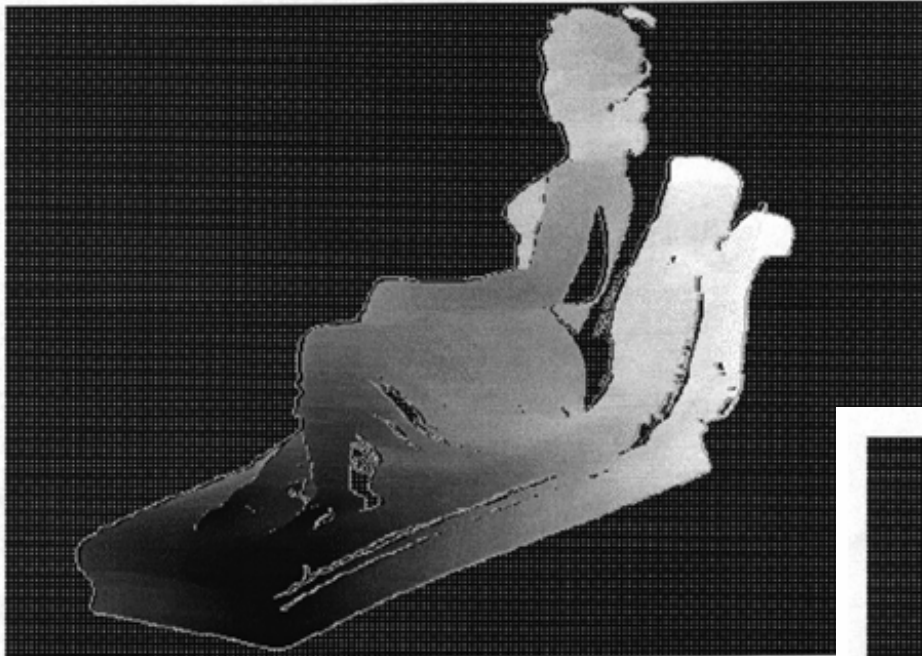


Abbildung 1: Grauwerte entsprechen den Tiefenwerten

Quelle: Fraunhofer Gesellschaft,  
Institut für Graphische Datenverarbeitung,  
Darmstadt

## Intrinsic Images (2):

Zusammenhang zwischen Abstand  
und Oberflächen-Orientierung

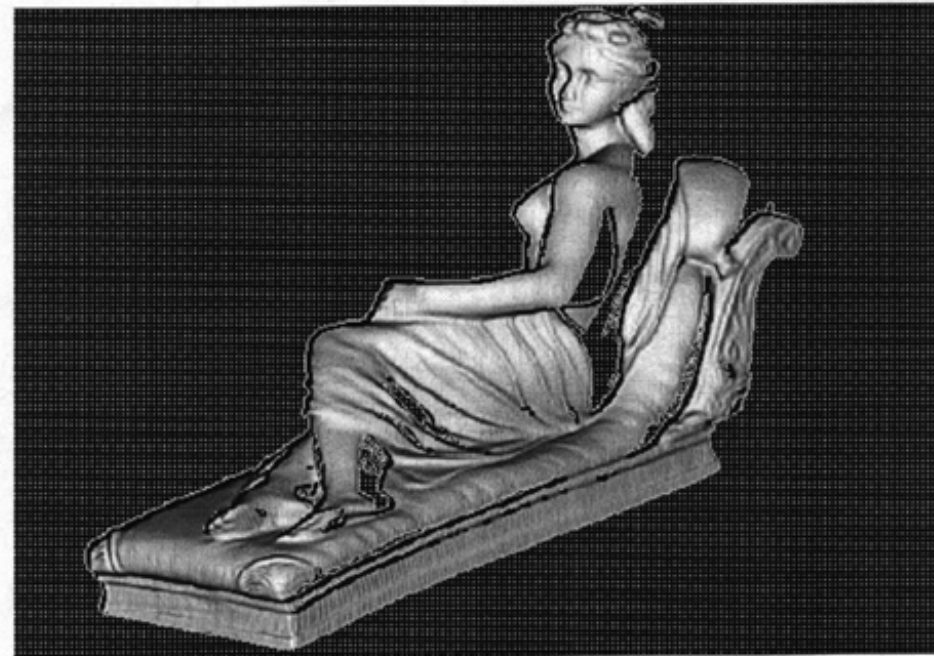


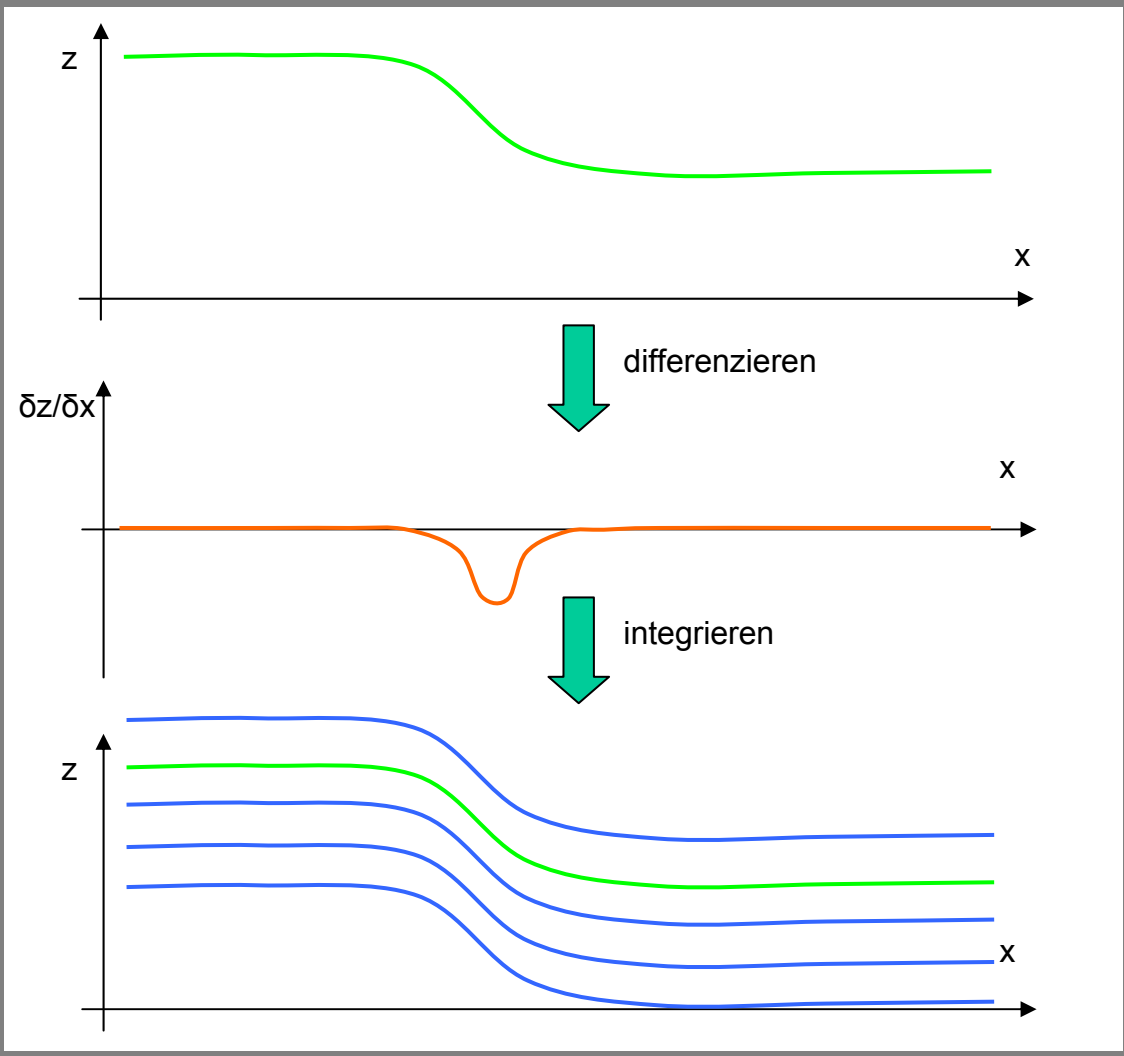
Abbildung 2: Grauwerte entsprechen den Oberflächennormalen



# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

## Intrinsic Images (3):

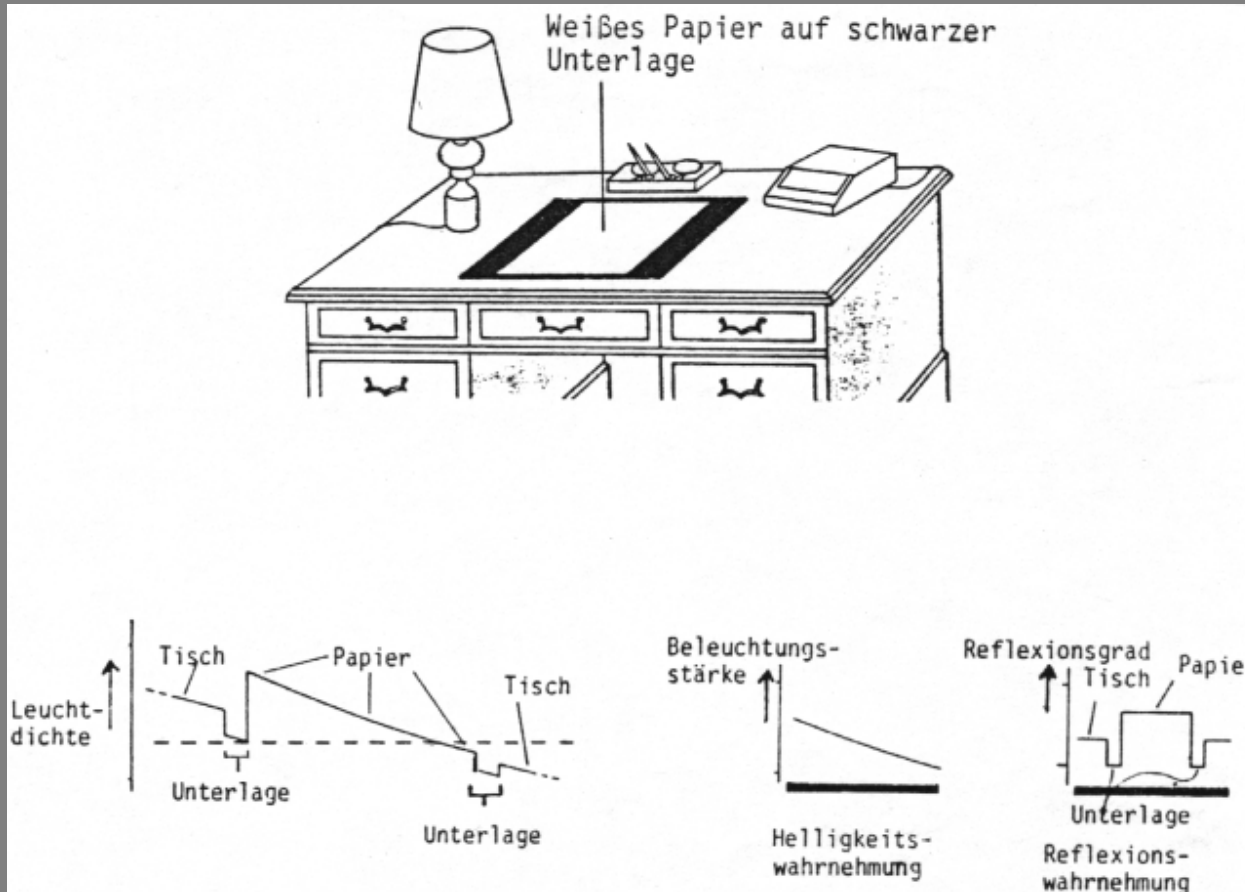
Zusammenhang zwischen Abstand und Oberflächenorientierung:



# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

## Intrinsic Images (4):

Zusammenhang zwischen Beleuchtung und Reflektion



Aufspaltung der Leuchtdichte in Beleuchtungsstärke und Reflexionsgrad.

oben: Szene mit ungleichmäßiger Ausleuchtung durch die Schreibtischlampe;

unten/links: Leuchtdichte in Abhängigkeit vom Ort;

unten/rechts und ganz rechts: Beleuchtungsstärke und Reflexionsgrad in Abhängigkeit vom Ort.

Quelle: „Bildverarbeitung durch das visuelle System“, A. Korn, Springer

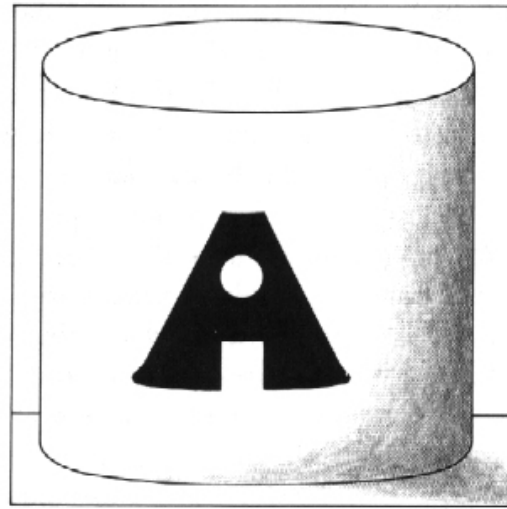


# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

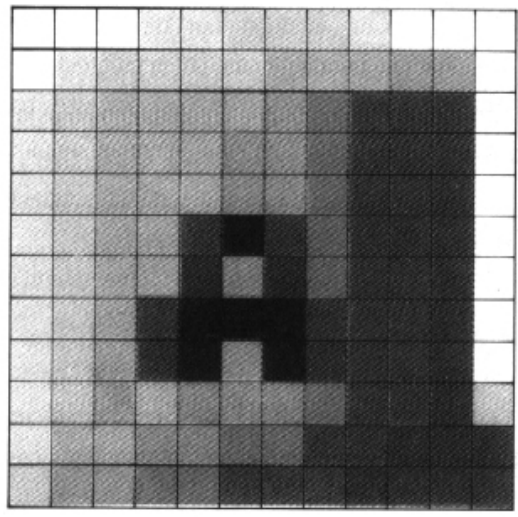
## Intrinsic Images (5a):

Intrinsic Images (diskret)  
an Beispiel:

oben: Original-Grauwertbild;  
unten/links: grob gerastertes  
Grauwertbild,  
unten/rechts: Grauwertmatrix  
mit Grauwerten zwischen 0  
und 1.



(a)

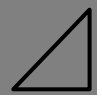


(b)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	.9	.9	.9	.8	.8	.7	.7	.7	.8	.9	.9	.9
2	.9	.8	.7	.7	.7	.7	.6	.6	.6	.5	.5	.9
3	.8	.7	.6	.6	.6	.6	.5	.4	.3	.2	.1	.9
4	.8	.7	.6	.6	.6	.5	.5	.4	.3	.2	.1	.9
5	.8	.7	.6	.6	.6	.5	.5	.4	.3	.2	.1	.9
6	.8	.7	.6	.6	.3	.0	.3	.4	.3	.2	.1	.9
7	.8	.7	.6	.6	.1	.5	.1	.4	.3	.2	.1	.9
8	.8	.7	.6	.3	.0	.0	.0	.3	.3	.2	.1	.9
9	.8	.7	.6	.2	.0	.5	.0	.2	.3	.2	.1	.9
10	.8	.7	.6	.6	.5	.5	.5	.4	.3	.2	.1	.7
11	.8	.6	.6	.5	.5	.4	.4	.3	.2	.1	.1	.1
12	.7	.5	.5	.4	.4	.3	.3	.2	.1	.1	.1	.1

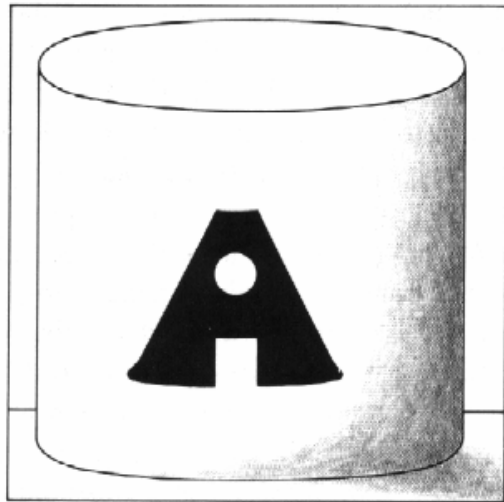
(c)

Quelle: „Artificial Intelligence“,  
E. Charniak, D. McDermott,  
Addison Wesley



# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

**Intrinsic Images (5b):**



Originalbild

Matrix mit den Werten der vier Intrinsic Images je Pixel

Illumination	Reflection
Depth	Orientation

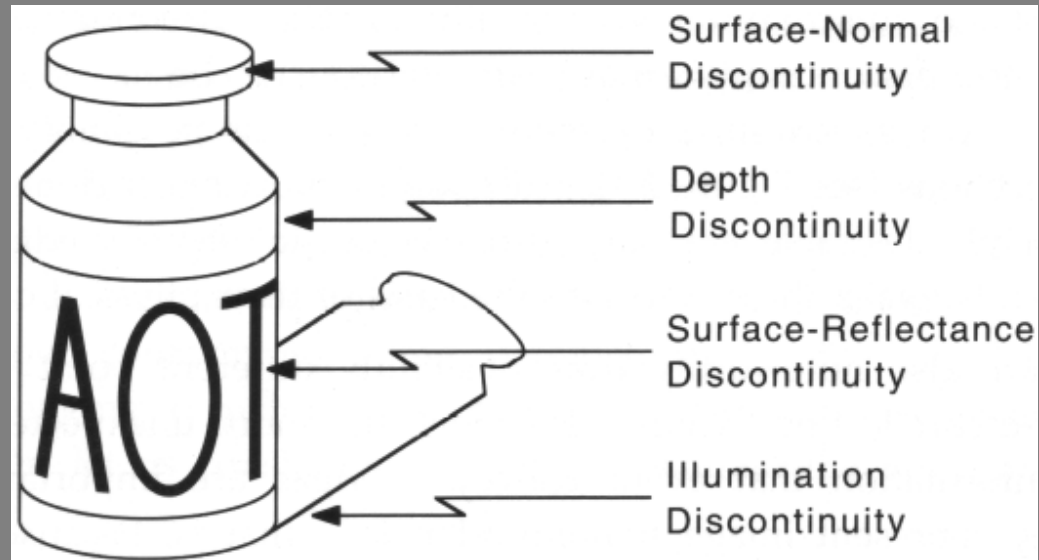
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																							
1	9 9 9 9 9 9 9 9 9 8 9 8 9 8 9 9 9 9 9 9 9 9	20 · 20 · 20 · 20 · 7 ↑ 7 ↑ 7 ↑ 20 · 20 · 20 · 20 · 20 ·	2	9 9 9 8 8 8 8 8 8 8 8 7 8 7 8 7 8 6 8 6 8 9 9	20 · 6 ↑ 6 ↑ 6 ↑ 6 ↑ 6 ↑ 6 ↑ 6 ↑ 6 ↑ 6 ↑ 6 ↑ 20 ·	3	9 9 8 8 7 8 7 8 7 8 7 8 6 8 5 8 4 8 3 8 2 8 9 9	20 · 6 ← 6 ← 5 ← 5 ← 5 ← 5 → 5 → 6 → 6 → 6 → 20 ·	4	9 9 8 8 7 8 7 8 7 8 6 8 6 8 5 8 4 8 3 8 2 8 9 9	20 · 6 ← 6 ← 5 ← 5 ← 5 ← 5 → 5 → 6 → 6 → 6 → 20 ·	5	9 9 8 8 7 8 7 8 7 8 6 8 6 8 5 8 4 8 3 8 2 8 9 9	20 · 6 ← 6 ← 5 ← 5 ← 5 ← 5 → 5 → 6 → 6 → 6 → 20 ·	6	9 9 8 8 7 8 7 8 7 8 6 0 6 8 5 8 4 8 3 8 2 8 9 9	20 · 6 ← 6 ← 5 ← 5 ← 5 ← 5 → 5 → 6 → 6 → 6 → 20 ·	7	9 9 8 8 7 8 7 8 7 0 6 8 6 0 5 8 4 8 3 8 2 8 9 9	20 · 6 ← 6 ← 5 ← 5 ← 5 ← 5 → 5 → 6 → 6 → 6 → 20 ·	8	9 9 8 8 7 8 7 8 7 0 6 0 6 0 5 8 4 8 3 8 2 8 9 9	20 · 6 ← 6 ← 5 ← 5 ← 5 ← 5 → 5 → 6 → 6 → 6 → 20 ·	9	9 9 8 8 7 8 7 0 7 0 6 8 6 0 5 0 4 8 3 8 2 8 9 9	20 · 6 ← 6 ← 5 ← 5 ← 5 ← 5 → 5 → 6 → 6 → 6 → 20 ·	10	9 9 8 8 7 8 7 8 7 8 6 8 6 8 5 8 4 8 3 8 2 8 9 9	20 · 6 ← 6 ← 5 ← 5 ← 5 ← 5 → 5 → 6 → 6 → 6 → 20 ·	11	9 7 7 8 7 8 6 8 6 8 5 8 5 8 4 8 3 8 2 8 1 7 1 7	6 ↑ 6 ← 6 ← 5 ← 5 ← 5 ← 5 → 5 → 6 → 6 → 6 ↑ 6 ↑	12	9 7 8 7 7 7 6 7 5 7 5 7 4 7 3 7 1 7 1 7 1 7	5 ↑ 5 ↑ 5 ↑ 5 ↑ 5 ↑ 5 ↑ 5 ↑ 5 ↑ 5 ↑ 5 ↑ 5 ↑ 5 ↑

Quelle: „Artificial Intelligence“, E. Charniak, D. McDermott, Addison Wesley  
 Wolf-Dieter Groch; Hochschule

# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

## Intrinsic Images (6):

Kanten im Bild  
und ihre  
unterschiedlichen  
Bedeutungen  
hinsichtlich der  
„Stetigkeit“



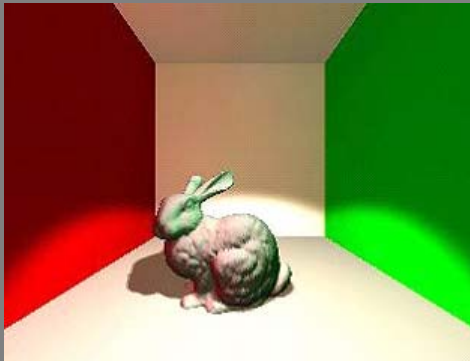
Quelle: „A Guided Tour of Computer Vision“, V. S. Nalwa, Addison Wesley



# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

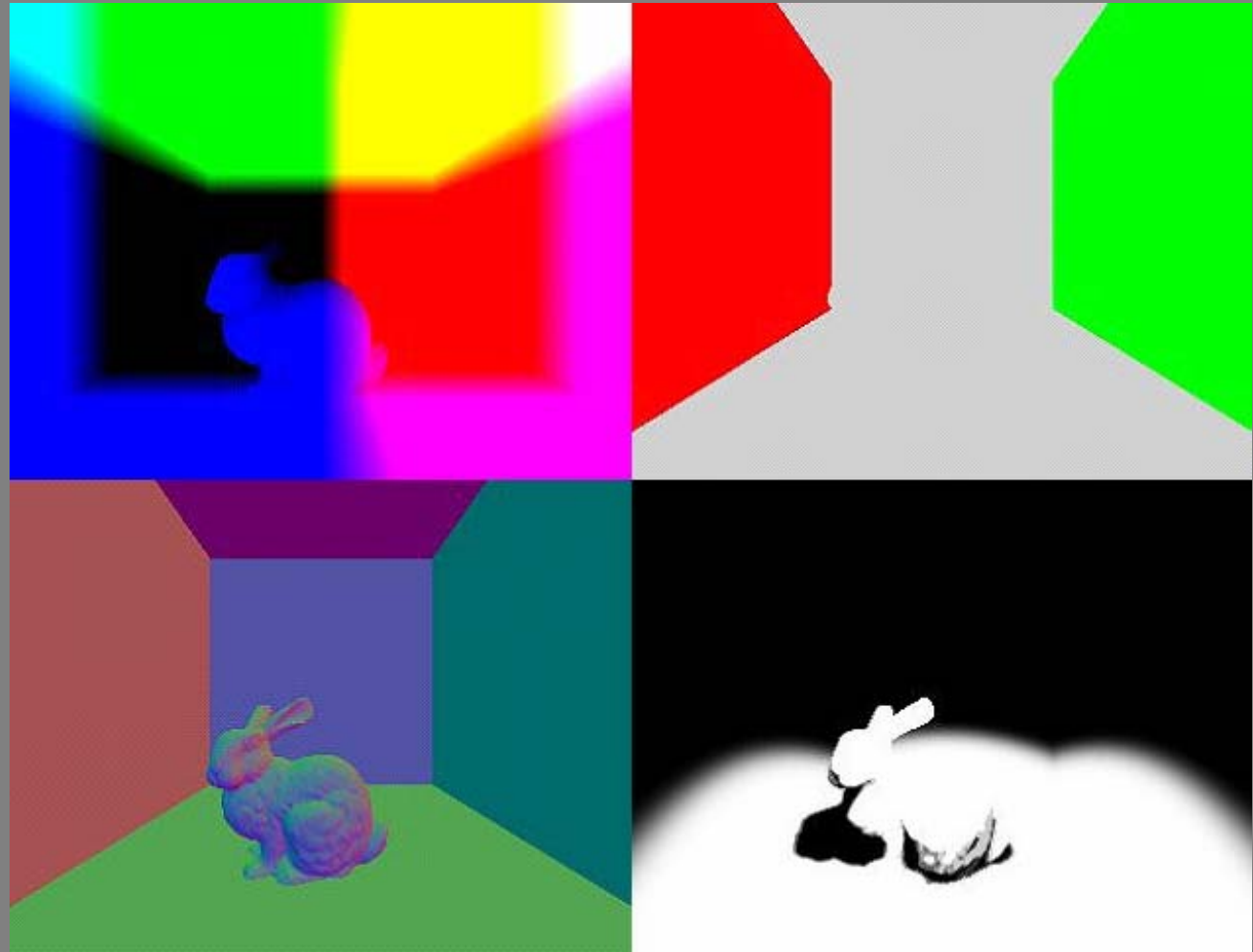
## Intrinsic Images (7):

Parallelität von Computer  
Graphik und Bildverarbeitung  
(vgl. Intrinsic Images (1)):



Ergebnis mit „Deferred  
Shading“ für statische Szenen  
mit variabler Beleuchtung

links/oben: Positions-  
Koordinaten  
rechts/oben: Material-Farbe  
links/unten: Normalen  
rechts/ unten: Lichteinfall

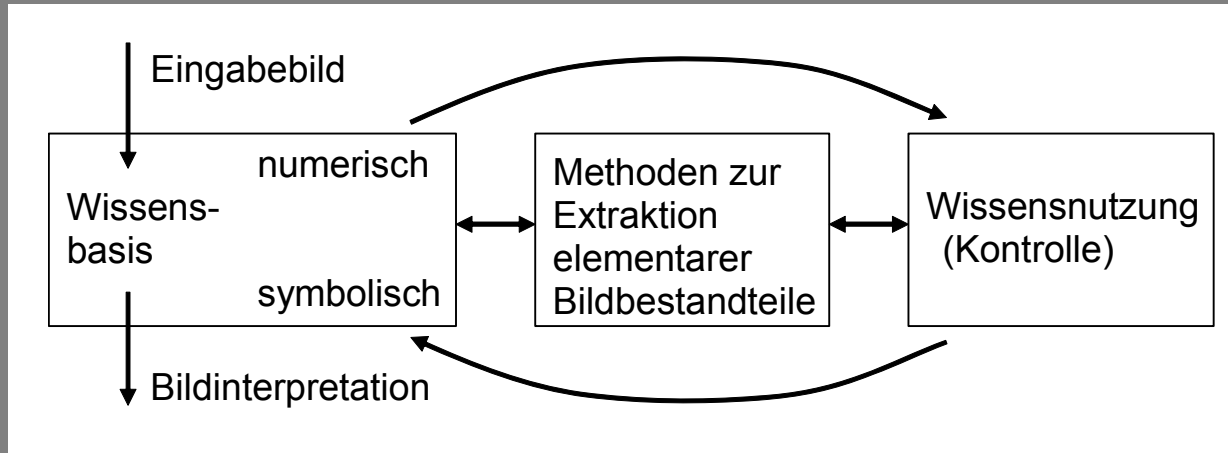


Quelle: „Entwicklung eines Systems zur dynamischen Beleuchtung von 3D-Szenen,  
M. Horsch, Bachelorarbeit h\_da, fbi, SS07



# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

## Grundlegende Struktur eines wissens- bzw modellgesteuerten Bildanalyse-Systems:



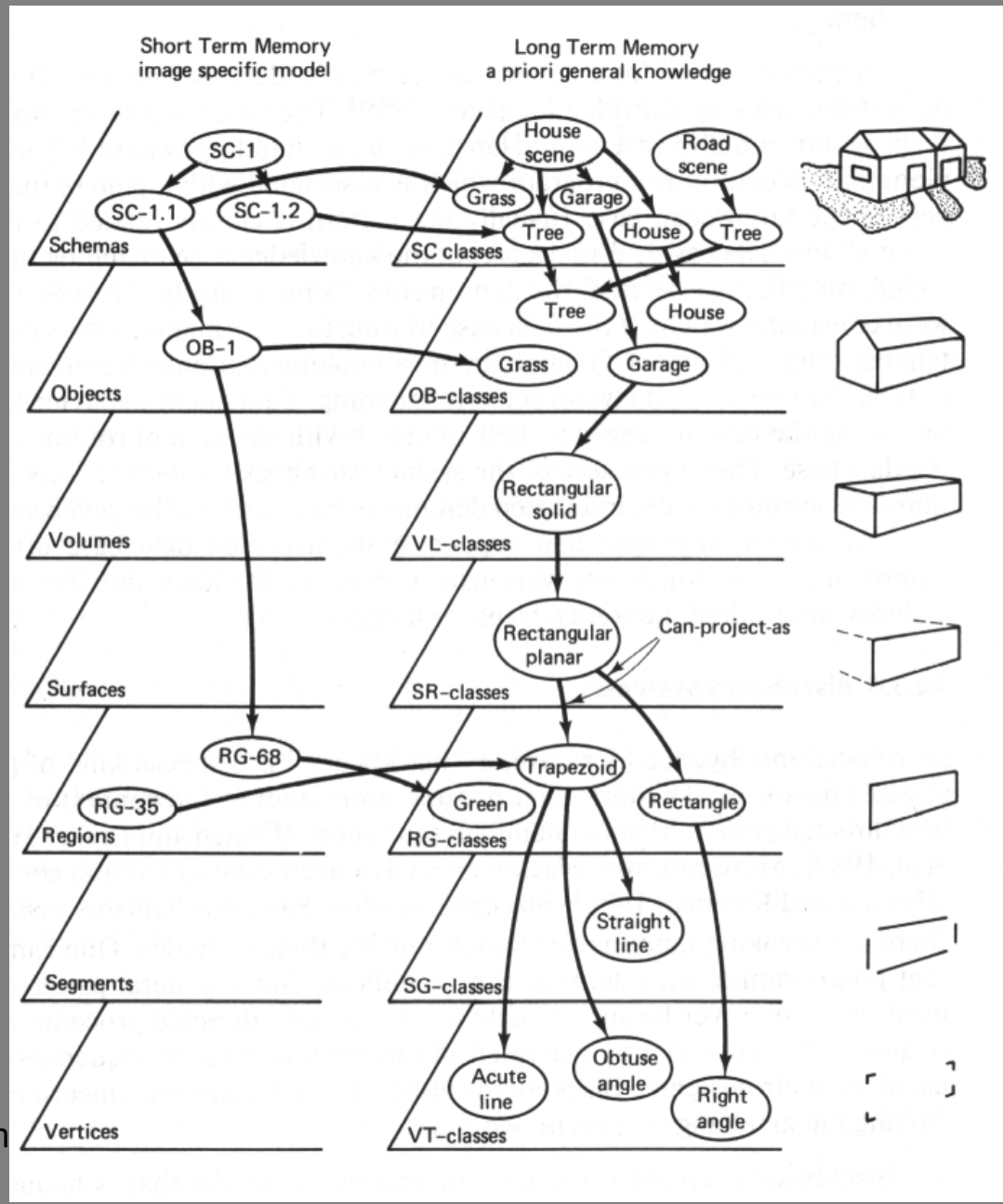
### Wissensbasis:

- Repräsentation (später)
- zunächst zu „Aufbau“ :
  - numerisch / symbolisch
  - Kurzzeit- / Langzeit-Gedächtnis:
    - dabei „Kurzzeit“ z.B. für momentane Zwischenergebnisse ... ändert sich ständig,
    - und „Langzeit“ z.B. für allgemeines Wissen ... also unabhängig vom aktuellen Bild, aber abhängig vom betrachteten Problemkreis; meist in Form von Modellen.



# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

Beispiel für Kurzzeit- bzw. Langzeit-Gedächtnis



Quelle: „Computer Vision“, D. H. Ballard, Ch. M. Brown, Prentice Hall

Wolf-Dieter Groch; Hochschule Darm

# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

## Zur Erinnerung:

... Langzeit-Gedächtnis ... meist in Form von Modellen.

## Die wichtigsten Modelle:

- Beleuchtungsmodell, (siehe GDV);
- Reflektionsmodell, (siehe GDV);
- Kameramodel, (siehe GDV);
- Weltmodell.

## Beispiel für **Weltmodell**:

Wie sieht ein Stuhl aus?

Weltmodell inkl. „gesundem Menschenverstand“.



Quelle: „Vision in Man and Machine“,  
M. D. Levine, McGraw Hill



# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

Beispiel für Weltmodell inkl. „Gesundem Menschenverstand“:

Damit Missverständnisse ...



... vermieden werden!



# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

## Wissens-Repräsentation (1a):

„Representation seems to be the key to creating computer intelligence“; Winston

Wissen früher implizit in Programme eingearbeitet; siehe Praktikum ;-)

Besser: Wissen explizit; (sowohl Modelle als auch Zwischen-Ergebnisse).

Beispiel für unterschiedliche Repräsentationsformen je „Fortschritt“ der Interpretation.

Oben/links: Original-Grauwertbild (Ikonische Darstellung);

Oben/rechts: Segmentation;

Unten/links: geometrische Darstellung (2,5 D).

Quelle: „Computer Vision“, D. H. Ballard, Ch. M. Brown, Prentice Hall

Wolf-Dieter Groch; Hochsch

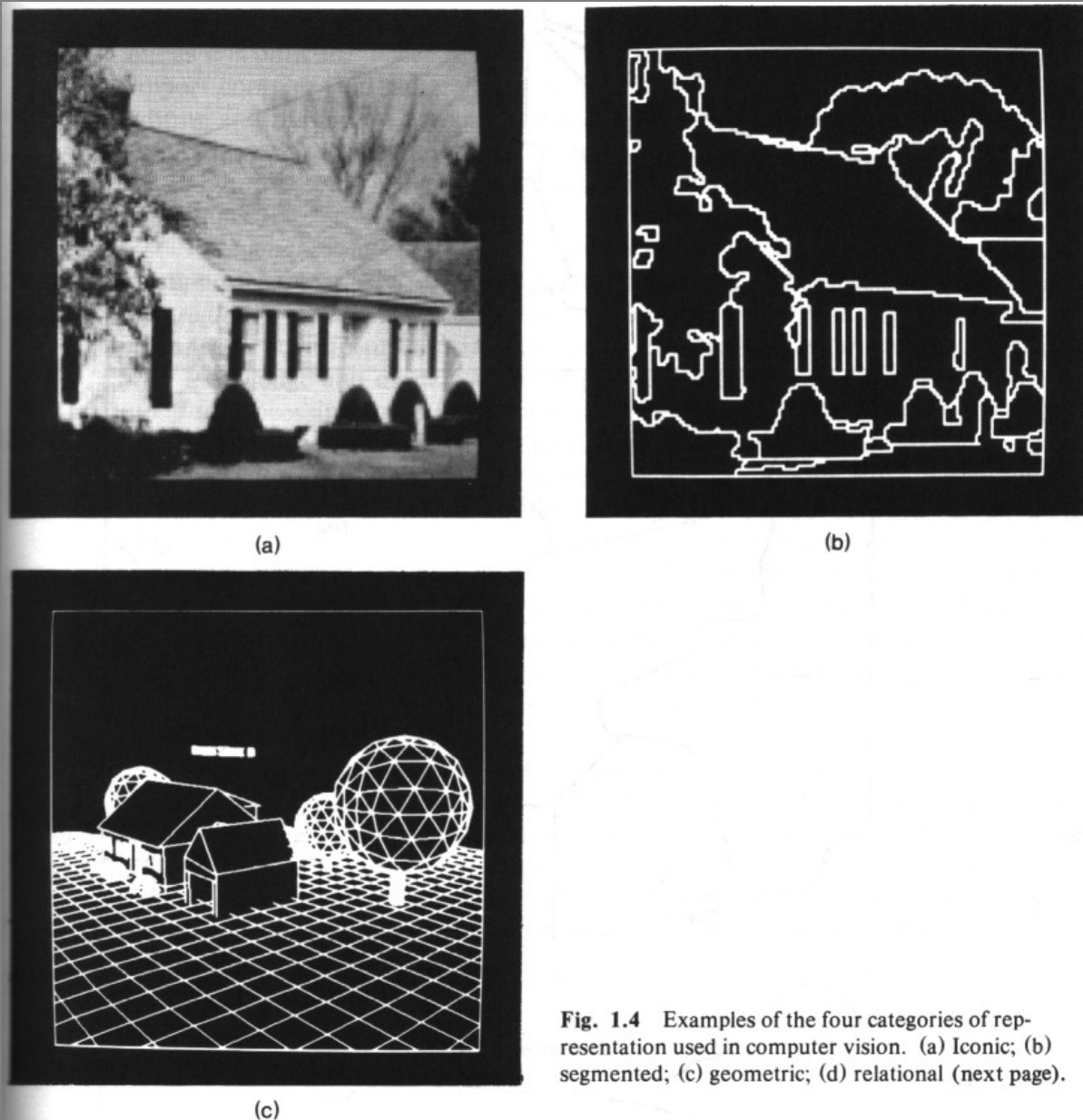


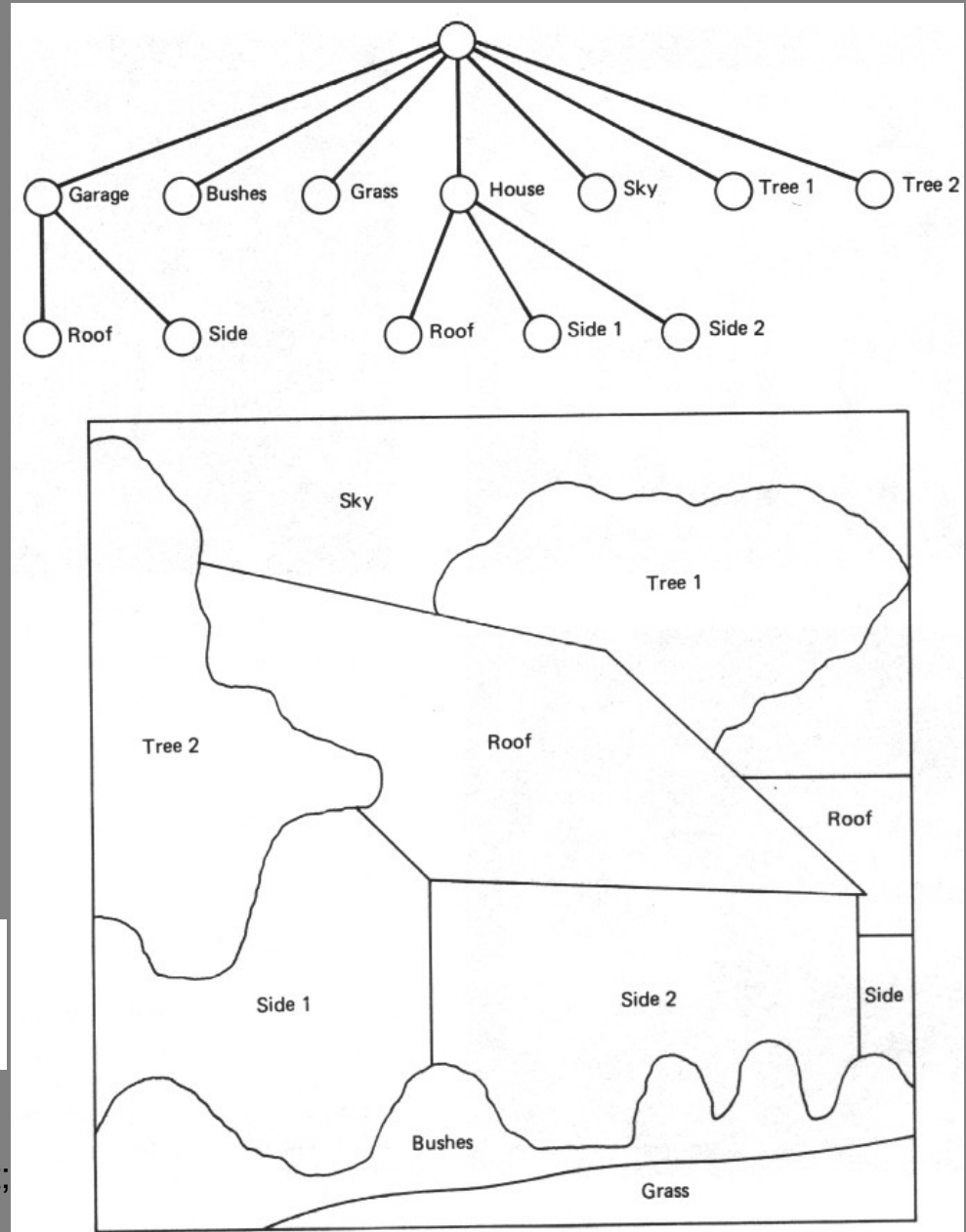
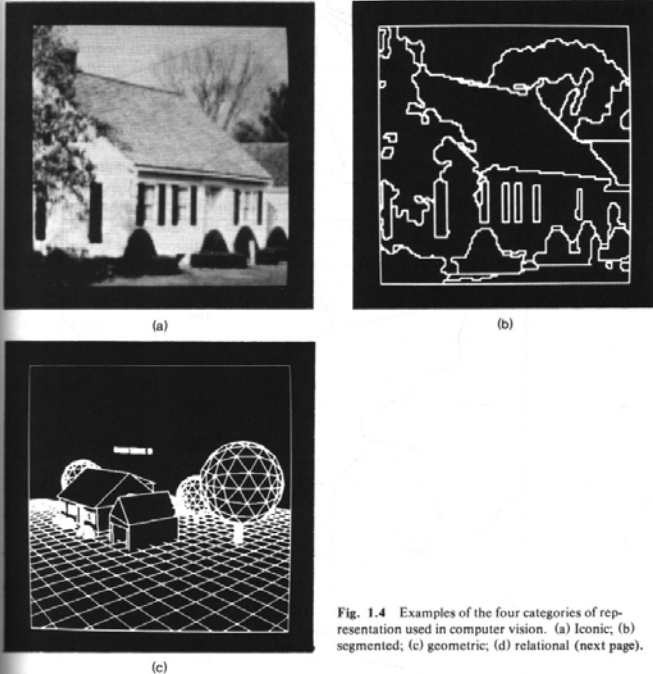
Fig. 1.4 Examples of the four categories of representation used in computer vision. (a) Iconic; (b) segmented; (c) geometric; (d) relational (next page).

# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

## Wissens-Repräsentation (1b):

Beispiel (Fortsetzung) für unterschiedliche Repräsentationsformen je „Fortschritt“ der Interpretation.

Zur Erinnerung:



Fortsetzung zur vorhergehenden Seite  
 Oben/rechts: Graph-Repräsentation ;  
 Unten/rechts: interpretierte Segmente.

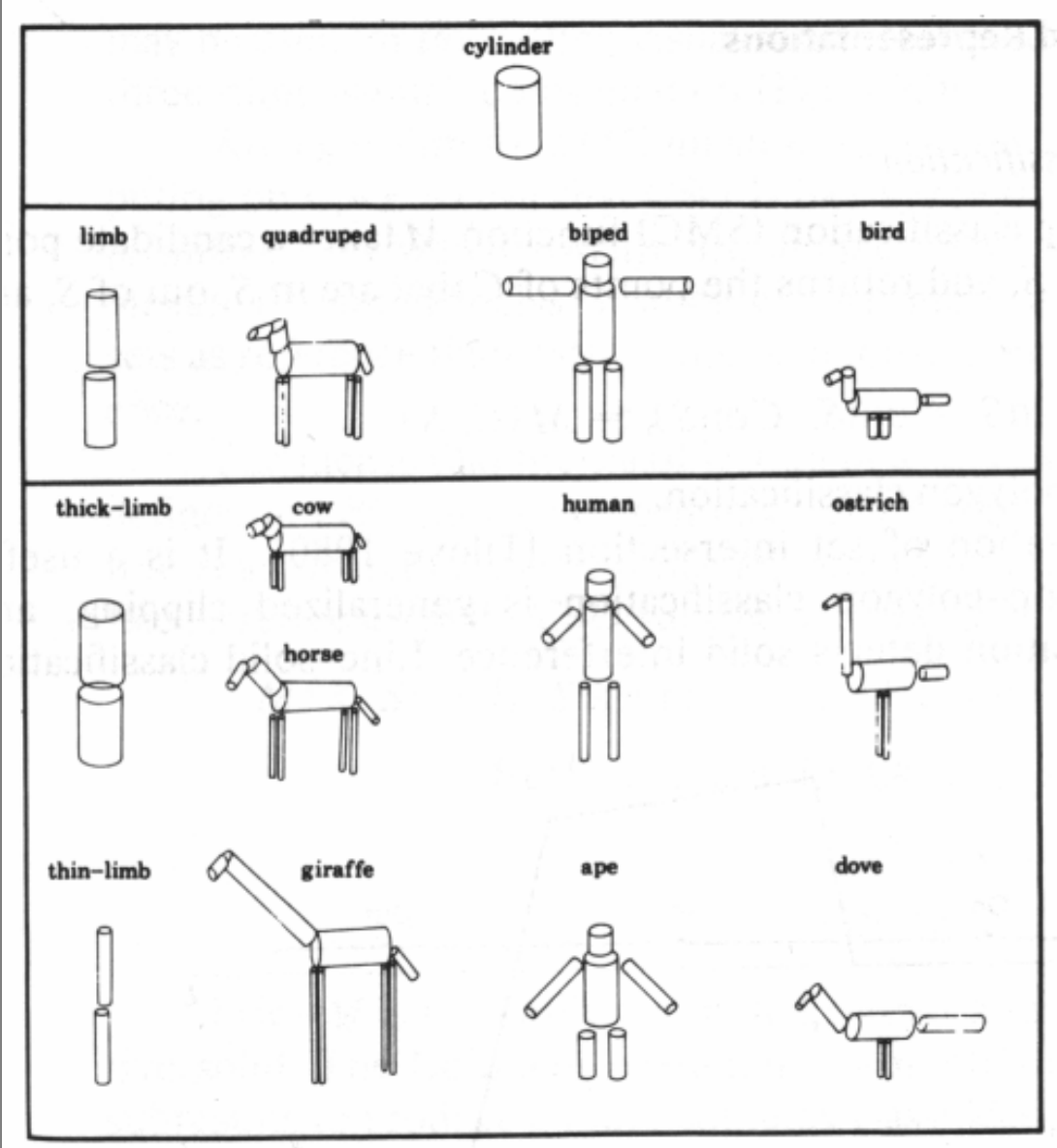
Quelle: „Computer Vision“, D. H. Ballard,  
 Ch. M. Brown, Prentice Hall

Wolf-Dieter Groch; Hochschule Darmstadt;

# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

## Wissens-Repräsentation (2a):

Beispiel: „Generalized Cones“



Quelle: „Computer Vision“, D. H. Ballard, Ch. M. Brown, Prentice Hall

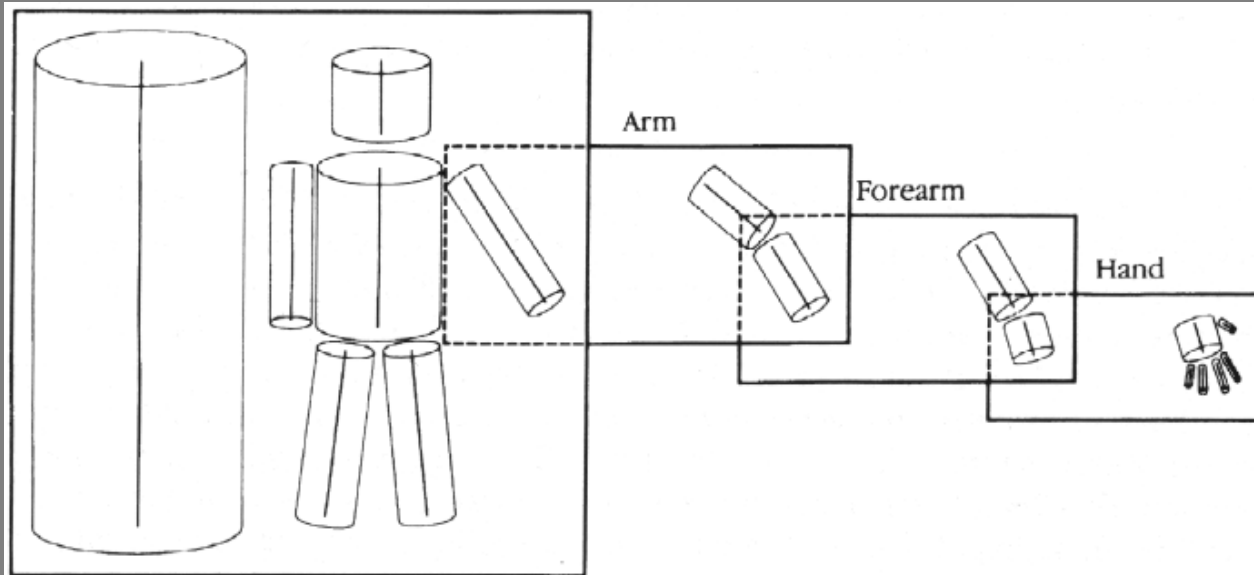


# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

## Wissens-Repräsentation (2b):

Beispiel: „Generalized Cones“

Hierarchische Repräsentation mit Generalized Cones



Quelle: „Bildverstehen“; A. Pinz; Springer



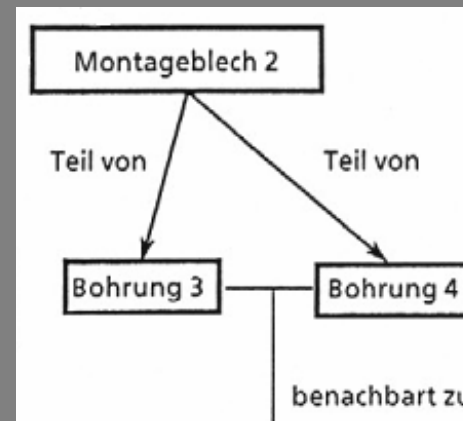
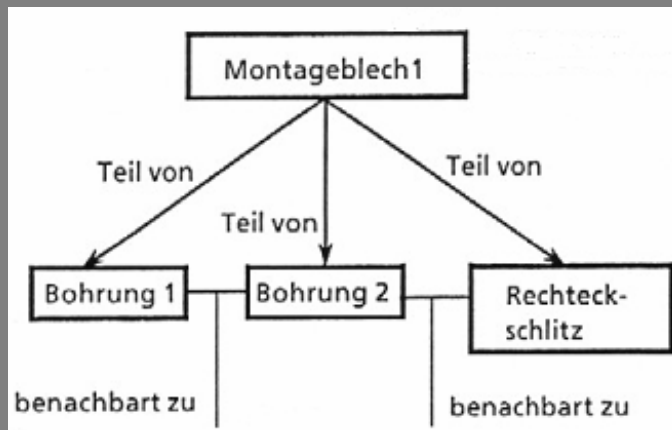
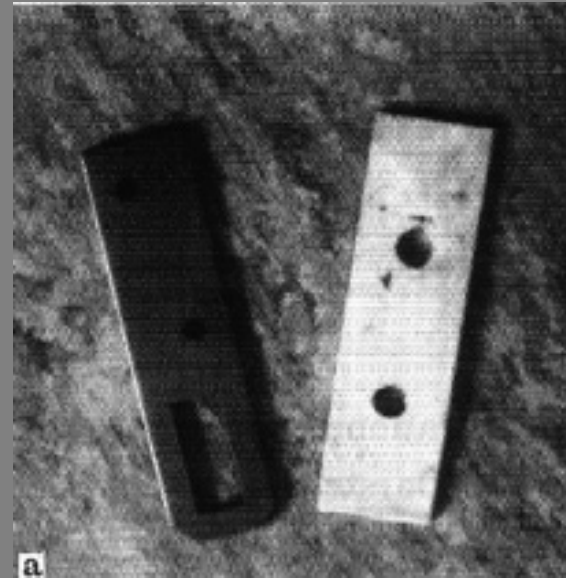
# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

## Wissens-Repräsentation (3a):

Beispiel für die Modellierung von Wissen:

Oben: Originalbild,

Unten: Graph-Repräsentation der zu erkennenden Objekte (stark vereinfacht)



Quelle: „Wissensbasierte Bildverarbeitung“,  
C.-E. Liedtke, M. Ender, Springer

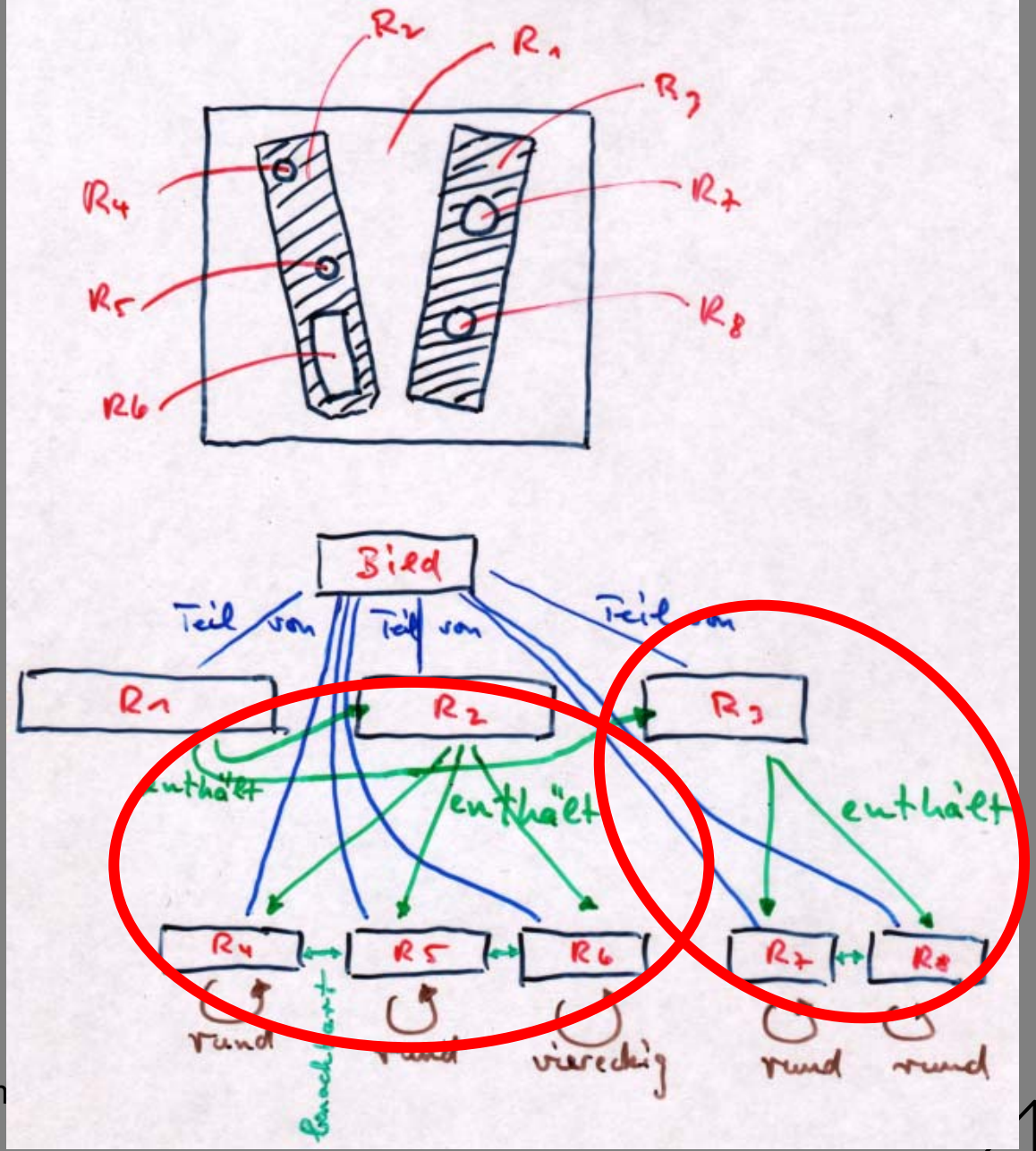
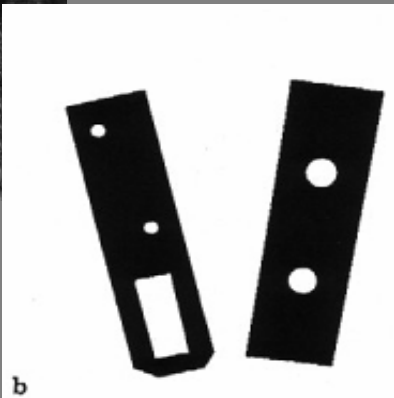
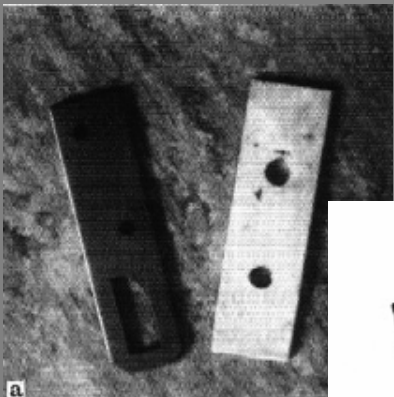


# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

## Wissens-Repräsentation (3b):

Beispiel für die Modellierung von Wissen (Fortsetzung):

- unten links: Originalbild,
- unten Mitte: segmentierte Flächen;
- rechts oben: symbolische Repräsentation der Segmentation
- rechts unten: Graph-Repräsentation der Segmentation..



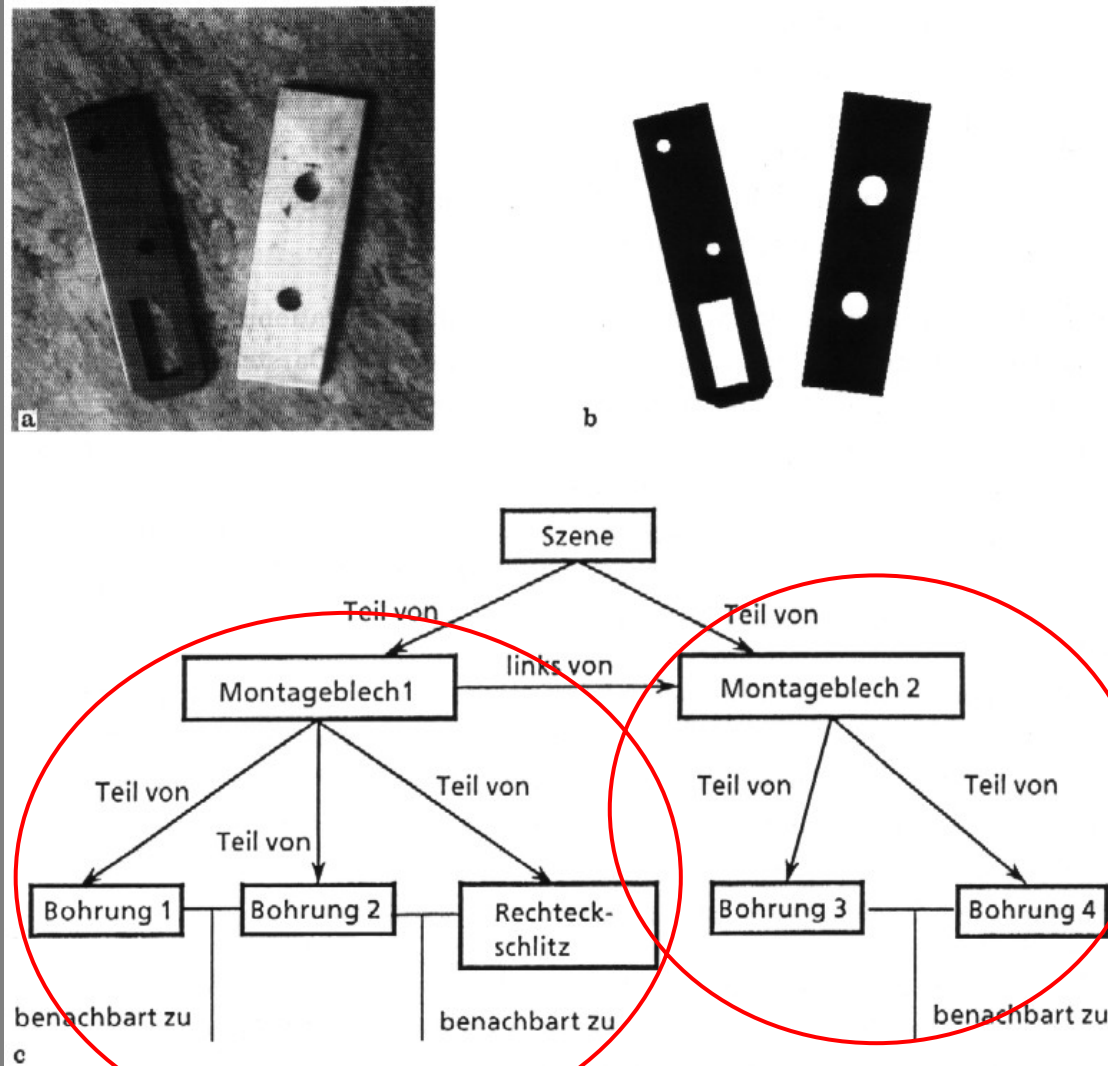
Quelle: „Wissensbasierte Bildverarbeitung“, C.-E. Liedtke, M. Ender, Springer  
 Wolf-Dieter Groch; Hochschule Darmstadt

# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

## Wissens-Repräsentation (3c):

Beispiel für die Modellierung von Wissen (Fortsetzung):

- (a) Originalbild,
- (b) segmentierte Flächen;
- (c) Graph-Repräsentation des Ergebnisses der Bildinterpretation mit einkopierten Graph-Repräsentationen der zu erkennenden Objekte .



Quelle: „Wissensbasierte Bildverarbeitung“,  
C.-E. Liedtke, M. Ender, Springer

# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

**Wissen** lässt sich unterteilen in:

- deklaratives Wissen (Daten und Fakten) und
- prozedurales Wissen (Nutzung der Daten und Fakten)

Zunächst:

**deklaratives Wissen** (Daten und Fakten)

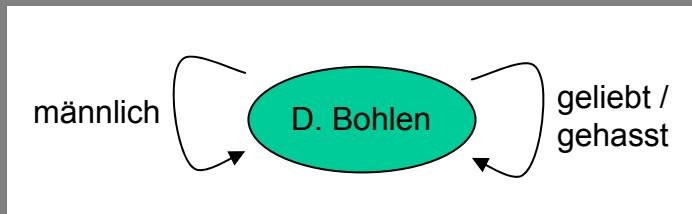
Repräsentation häufig in Form „Semantischer Netze“

## Semantische Netze (1):

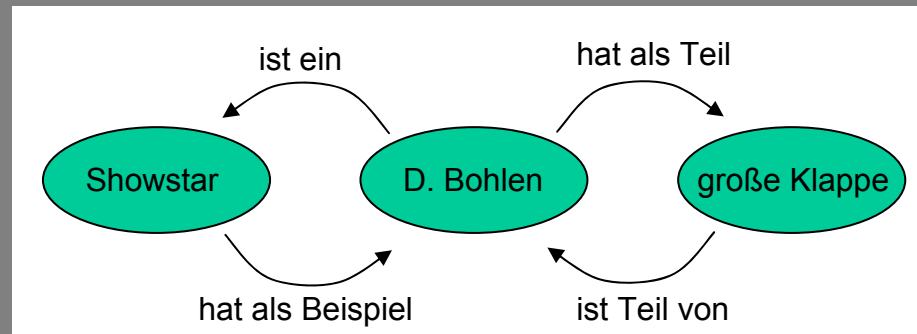
Semantische Netze sind verallgemeinerte Graphen mit:

- Knoten (z.B. generische Objekte, Objektklassen, Instanzen) und
- Kanten (z.B. Beziehungs- und Eigenschafts-Kanten)

Beispiele zu Eigenschafts-Kanten:

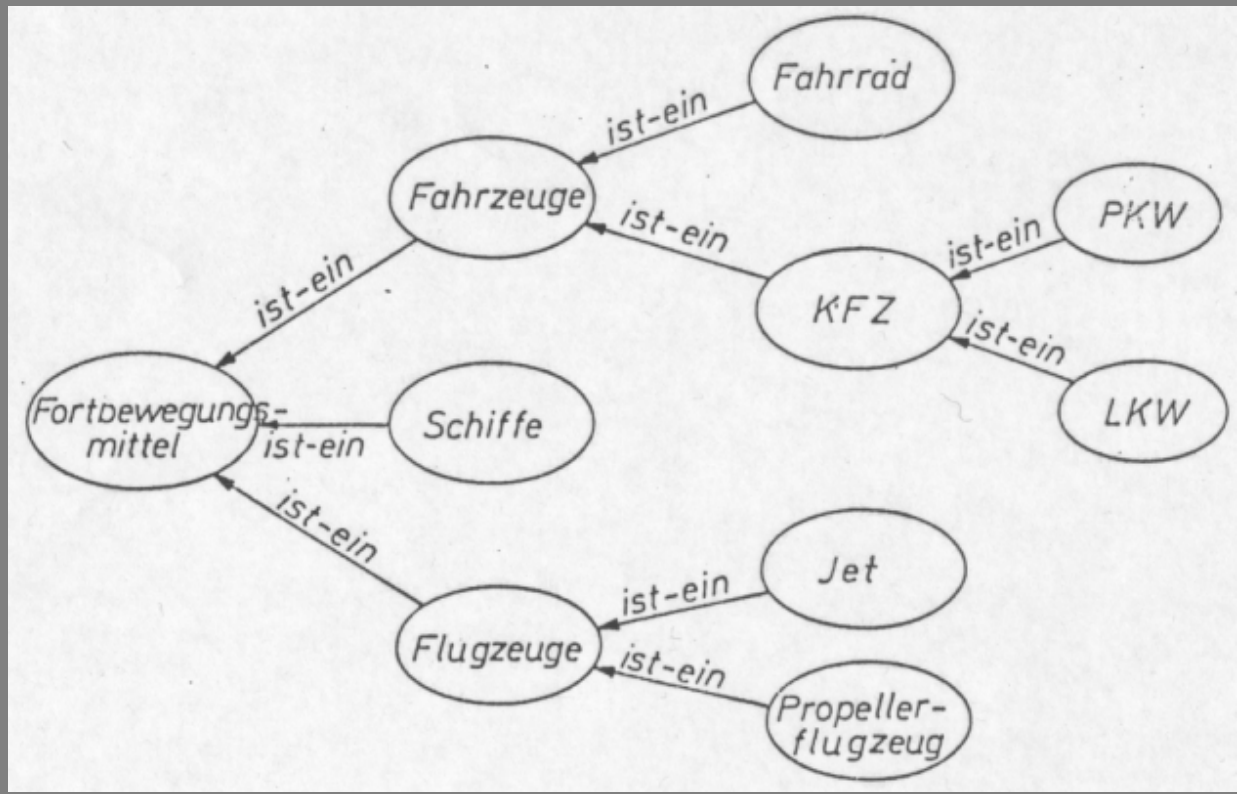


Beispiele zu Beziehungs-Kanten:

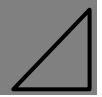


# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

## Semantische Netze (2):



Beispiel für eine „ist-ein“-Hierarchie;  
bei Umkehrung der Pfeile: „hat-als-Beispiel“-Hierarchie



# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

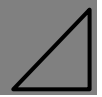
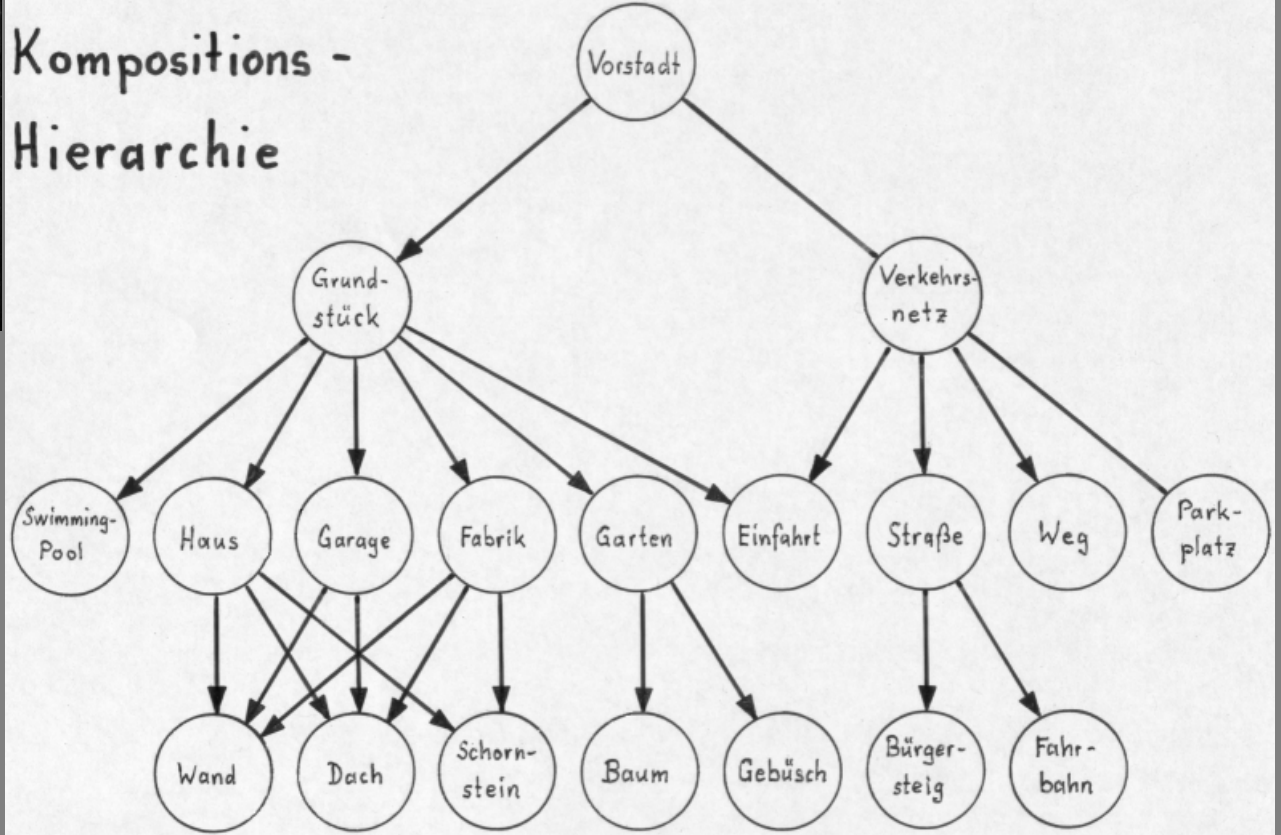
## Semantische Netze (3):



Sachverhalte im Bild

Beispiel für eine „hat-als-Teil“-Hierarchie;  
bei Umkehrung der Pfeile: „ist-Teil-von“-Hierarchie

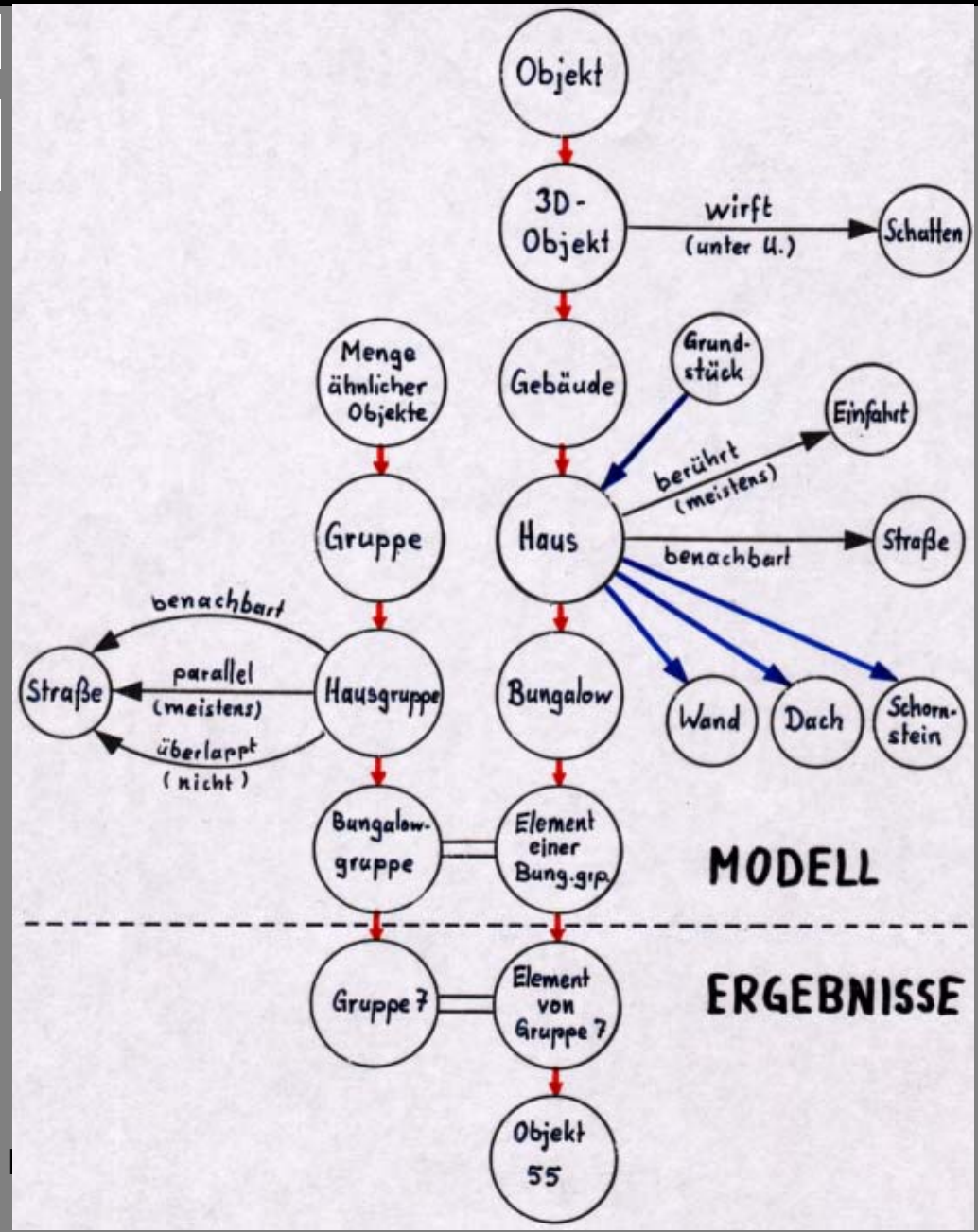
Kompositions -  
Hierarchie



# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

## Semantische Netze (4):

Momentaufnahme bei einer modellgesteuerten Bildinterpretation

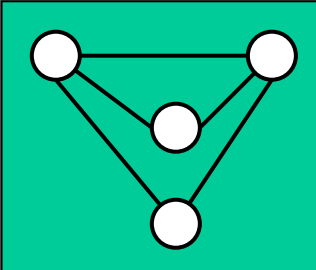


# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

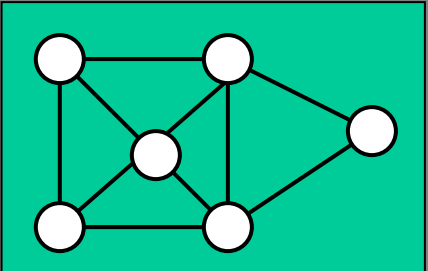
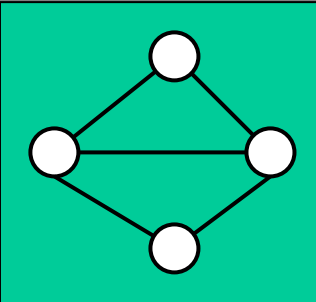
Modellgesteuerte Bildinterpretation durch Graph-Matching zwischen der Graph-Repräsentation der Segmentations-Ergebnisse und der der zu erkennenden Objekte

Graph-Isomorphismen (für das Graph-Matching)

Modell-Graph:

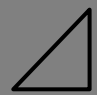
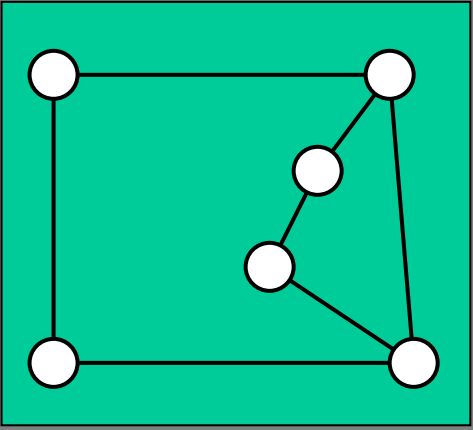
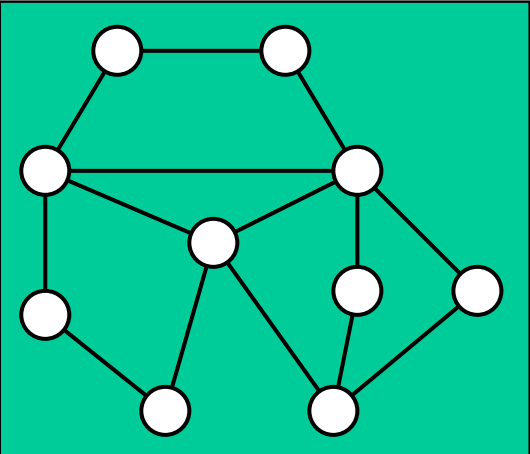


Zu vergleichende Graphen:



Der Modellgraph (oben rechts) ...  
... ist isomorph zum linken Graphen;  
... hat mehrere Teilgraph-Isomorphismen zum rechten Graphen.

Der Modellgraph (oben rechts) ...  
... hat mehrere „doppelte“ Teilgraph-Isomorphismen mit dem linken Graphen, (d.h. Teile des einen Graphen „passen“ zu Teilen des anderen);  
... und (abhängig davon, welche fehlenden oder zusätzlichen Knoten ignoriert werden) mehrere teilweise Übereinstimmungen mit dem rechten Graphen.



# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

## Graph-Matching

Häufig gewählter Ansatz zur Bildinterpretation

### Vorgehen (Grundidee):

- Modell durch Graphen  $G'$  beschreiben,
- Szene durch Graphen  $G''$  beschreiben,
- Entsprechungen in den Graphen suchen (Teil-Graph-Isomorphismen)  $\Rightarrow$  Interpretation.

### Dazu Verfahren der „Maximalen Cliques“:

- Definition: sei  $G$  ein Graph; eine **Clique** ist eine Untermenge von Knoten, so dass jeder Knoten mit jedem anderen durch eine Kante verbunden ist.
- Definition: eine Clique heißt **maximal**, wenn es keine Clique gibt, die eine echte Obermenge ist.

### Vorgehen (konkret) zum Vergleich zweier Graphen:

#### 1.) **Matchgraphen** $G$ bilden:

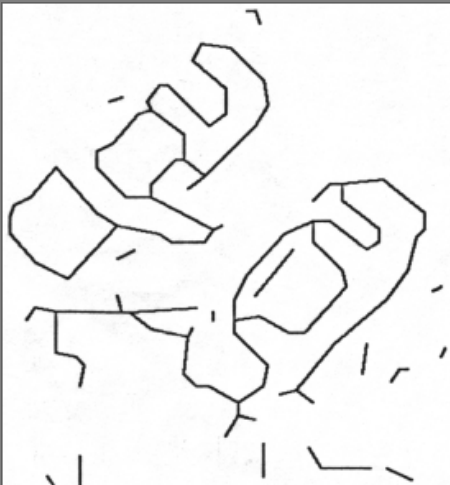
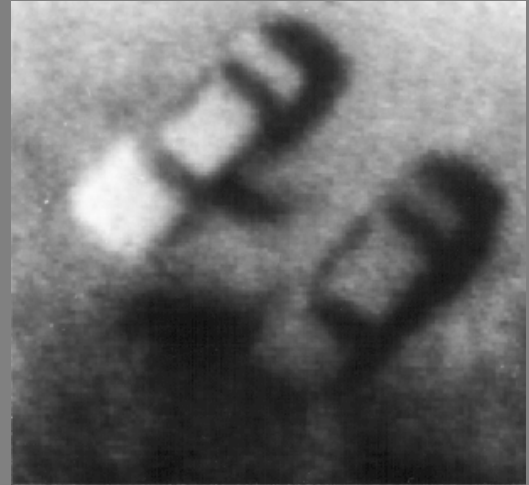
- \* die Knoten von  $G$  sind die Paare „verträglicher“ Knoten aus  $G'$  und  $G''$ ;  
(„verträglich“ heißt hier, dass die Knoten die gleichen Eigenschaften tragen);
- \* die Kanten von  $G$  liegen zwischen zwei Knoten von  $G$ , wenn die zugehörigen Knotenpaare aus  $G'$  und  $G''$  „verträglich“ sind;  
(„verträglich“ heißt hier, dass für die beiden Knoten aus  $G'$  dieselben Beziehungen gelten, wie für die aus  $G''$ );

#### 2.) Abschließend die maximalen Cliques im Match-Graphen suchen: diese geben die Zuordnung (Interpretation) zwischen Objekten der Szene und Objekten des Modells an. (Rekursiver Algorithmus zur fehlertoleranten Teil-Interpretation).



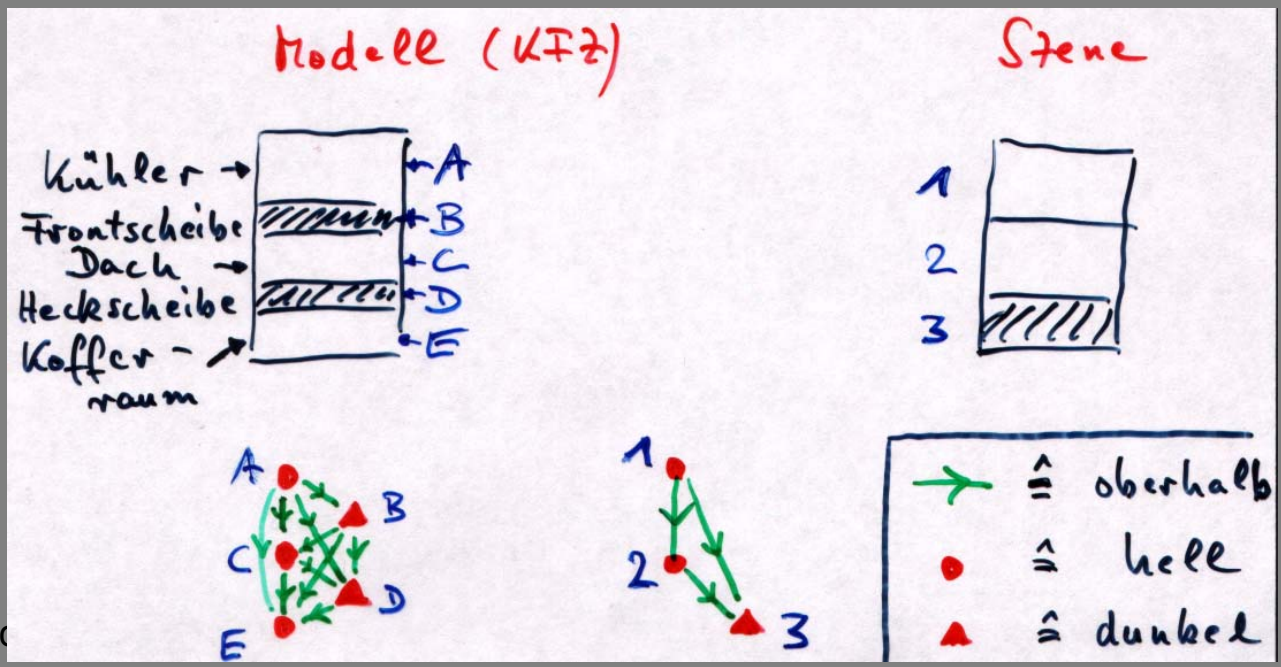
# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

## Anwendungsbeispiel für Graph-Matching (1)



Originalbild und daraus ermitteltes Liniennetz

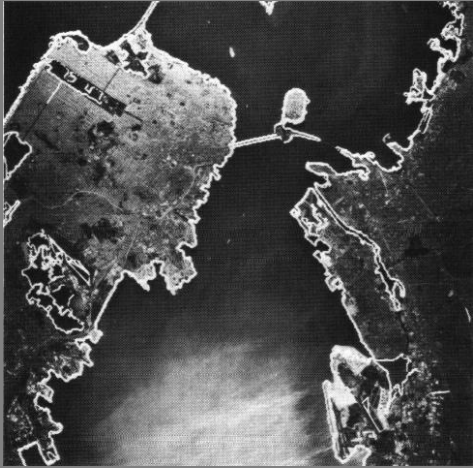
Daraus von Hand abstrahiertes Beispiel eines KFZ-Graphen aus der Szene (rechts), der mit dem Modellgraphen (links) verglichen wird.



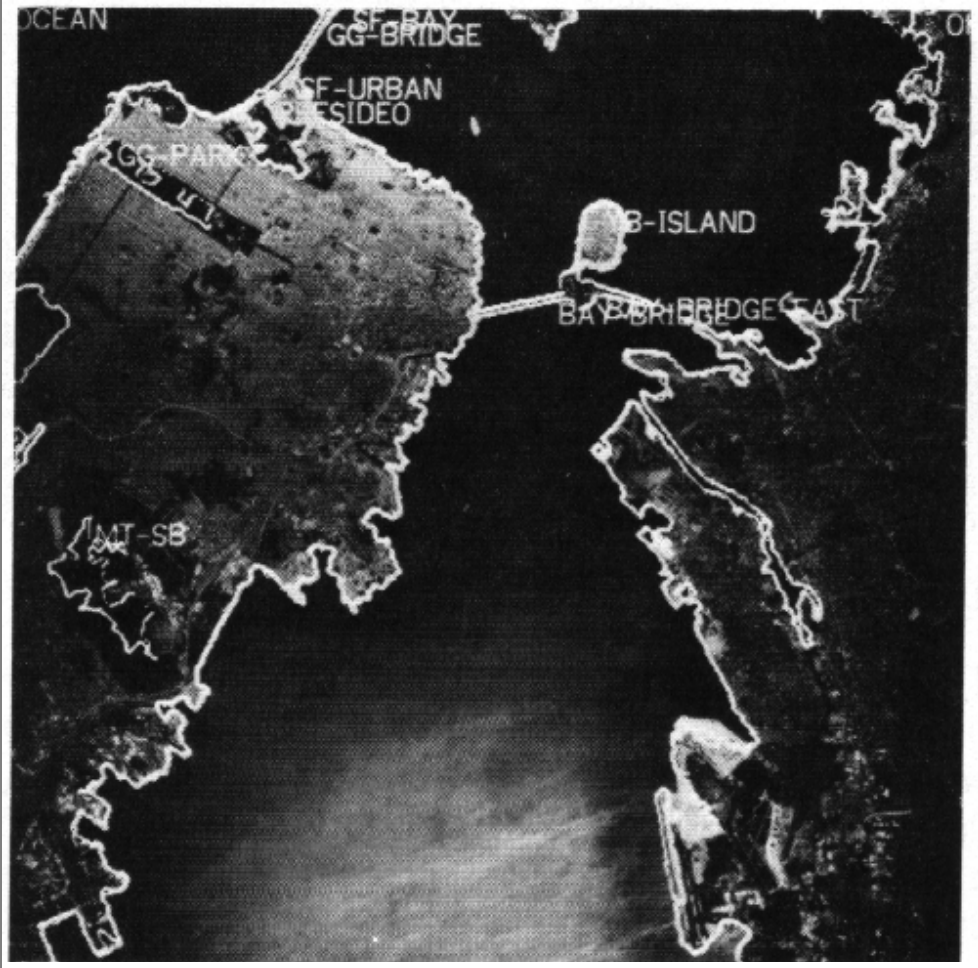


# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

Fortsetzung des Anwendungsbeispiels für Graph-Matching (2b)

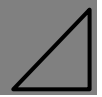


Luftbild der im Kartenausschnitt erfassten Gegend und Segmentierungs-Ergebnis



Mittels Graph-Matching interpretiertes Luftbild:

Quelle: „Machine Perception“, R. Nevatia, Prentice Hall



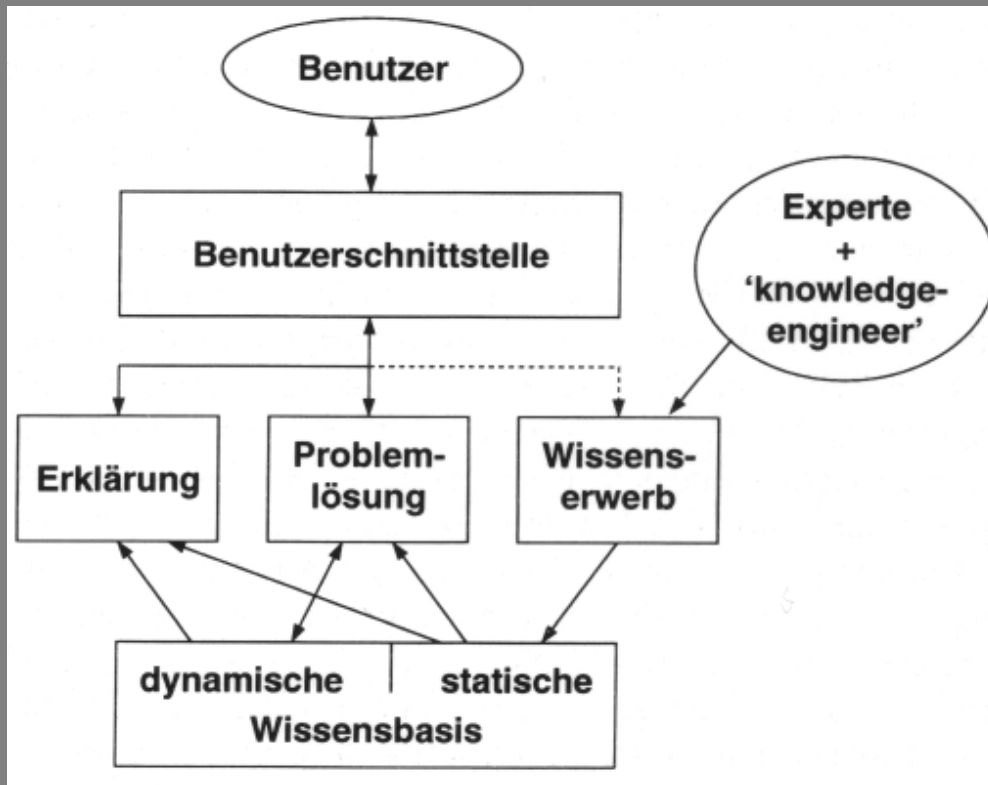
# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

Zur Erinnerung: alternative Möglichkeit zur Bild-Interpretation z.B. durch „Diskrete Relaxation“ (siehe Kapitel 5)

Zur Erinnerung: Wissen lässt sich unterteilen in:

- deklaratives Wissen (Daten und Fakten) und
- prozedurales Wissen (Nutzung der Daten und Fakten)

Jetzt: prozedurales Wissen (Nutzung der Daten und Fakten)  
Realisierung häufig in Form von Produktions-Systemen / Experten-Systemen

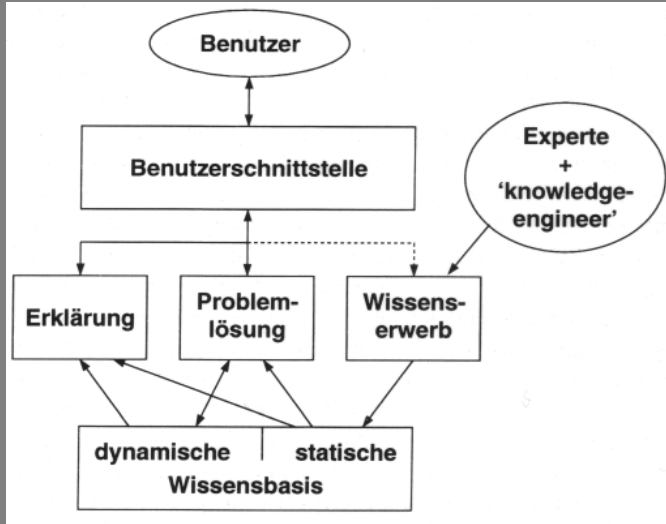


Hauptkomponenten eines Expertensystems

Quelle: „Bildverstehen“; A. Pinz; Springer

# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

Fortsetzung: Hauptkomponenten eines Expertensystems

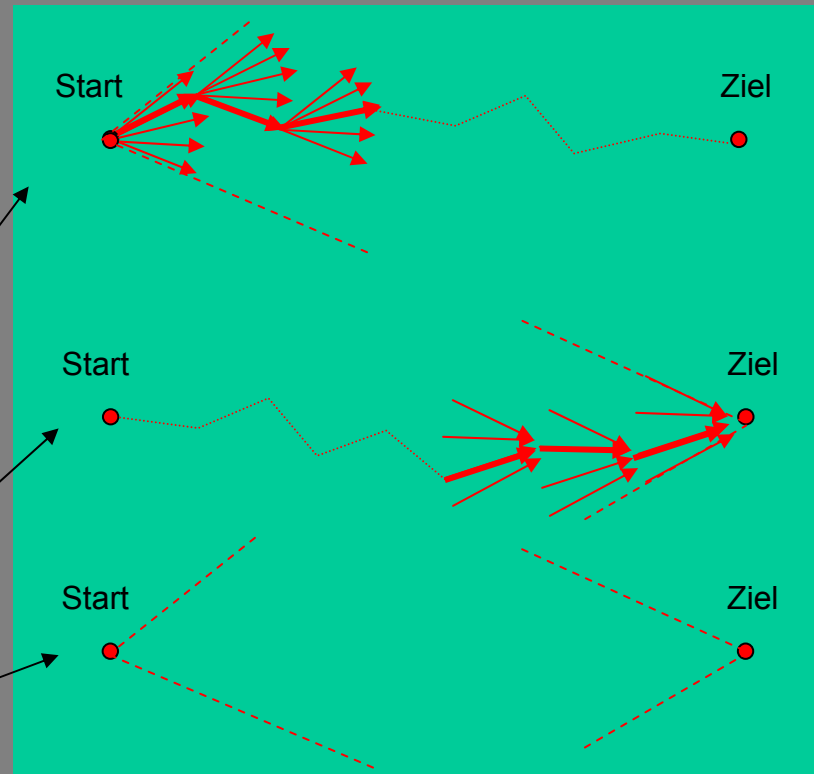


Problemlösungs-Komponente:

- Menge von Regeln.
- Wissen, wann welche Regel ausführen;  
(Reihenfolge der Auflistung der Regeln spielt keine Rolle;  
Konfliktmenge: Menge der zu einem Zeitpunkt ausführbaren Regeln: eine Regel auswählen und „feuern“).
- Regelmenge ist einfach erweiterbar ... aber Konsistenz und Widerspruchs-Freiheit sind schwer zu nachweisbar.
- Arbeitsweise ist schwer durchschaubar ... deshalb „Erklärungs-Komponente“.

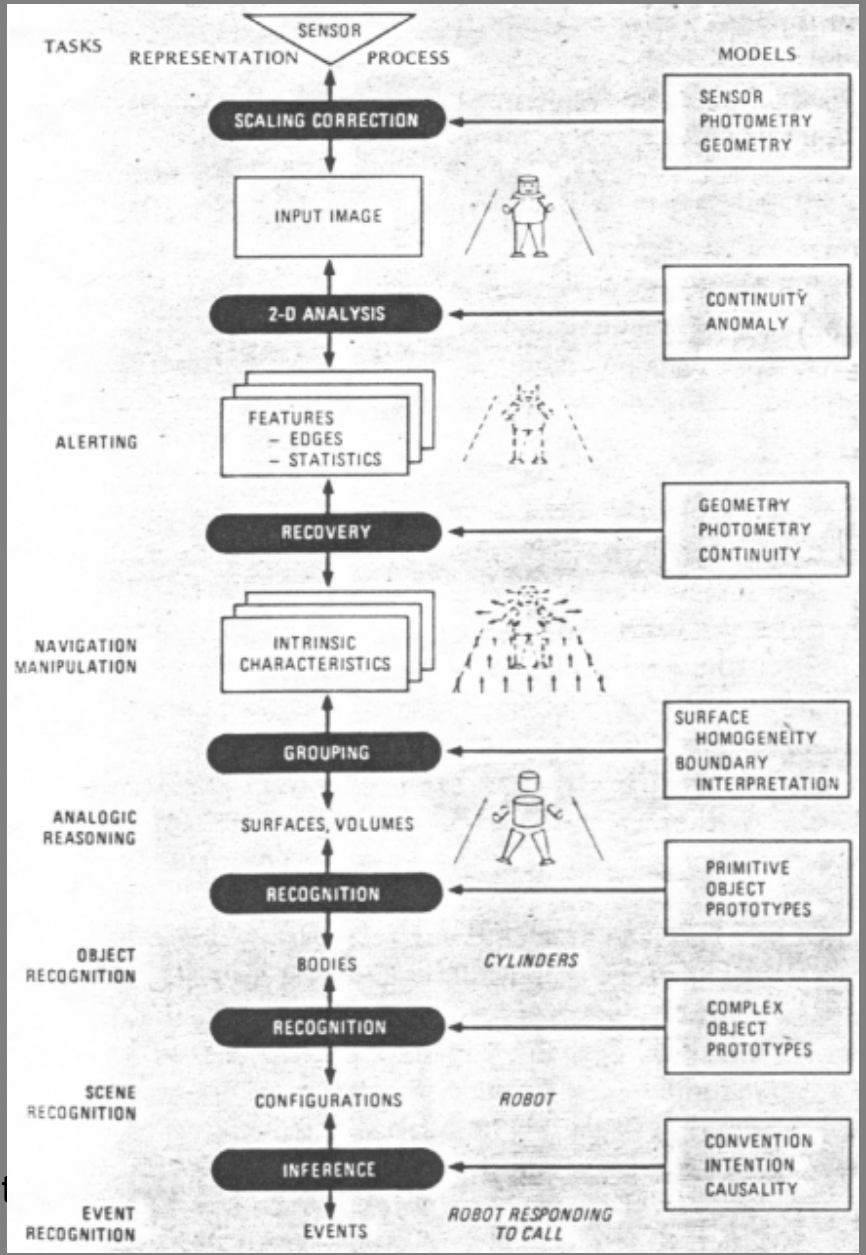
Regeln: if (Bedingung) then (action);

- Vorwärts-Anwendung (forward chaining)
- Rückwärts-Anwendung (backward chaining)
- Vorwärts- und Rückwärts-Anwendung (forward and backward chaining)



# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

Aufbau eines universellen Vision Systems nach Barrow und Tenenbaum



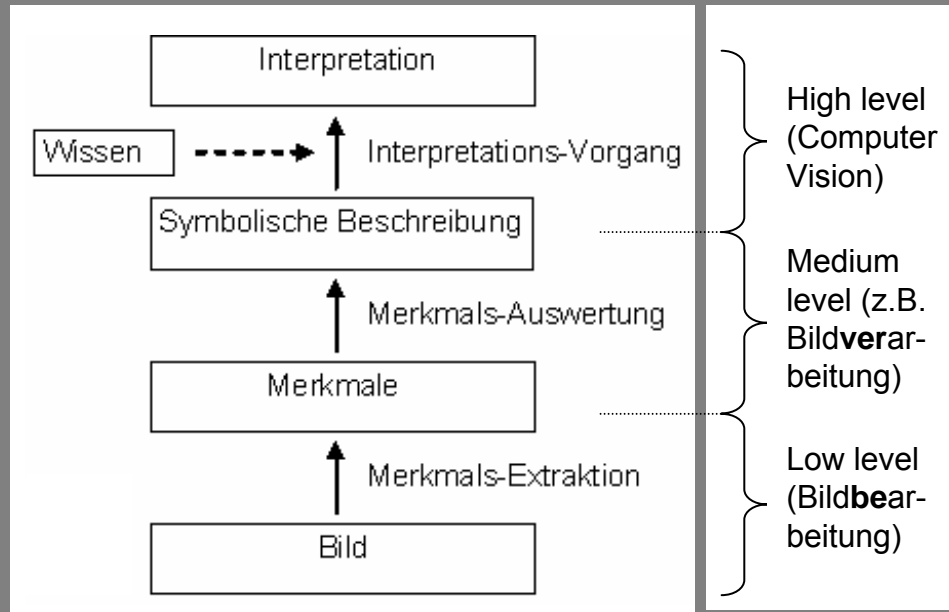
Quelle: „Computational Vision“, Barrow, Tenenbaum, IEEE-Proceedings

Wolf-Dieter Groch; Hochschule Darmstadt

# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

## Kontrollstrukturen

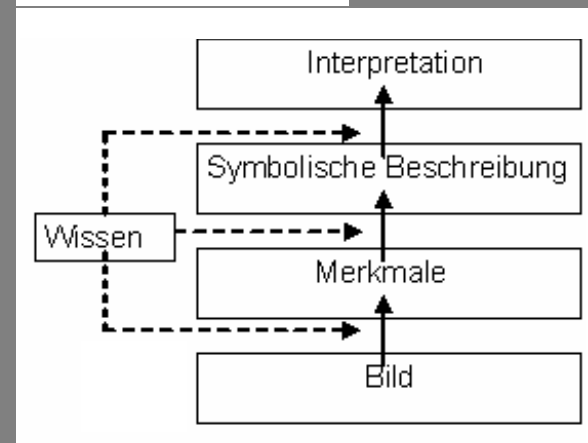
Bottom-Up-Kontrolle:



Bei Bottom-Up Kontrolle:

- Low- und Medium-Level ohne Wissen
- Wissen erst bei Interpretation
- Vorteil: leicht auf andere Aufgaben übertragbar
- Nachteil: ohne Wissen arbeiten Low- und Medium-Level oft nur grob und fehlerträchtig
- Da einfach ... am häufigsten eingesetzt.

Top-Down-Kontrolle:



Bei Top-Down-Kontrolle:

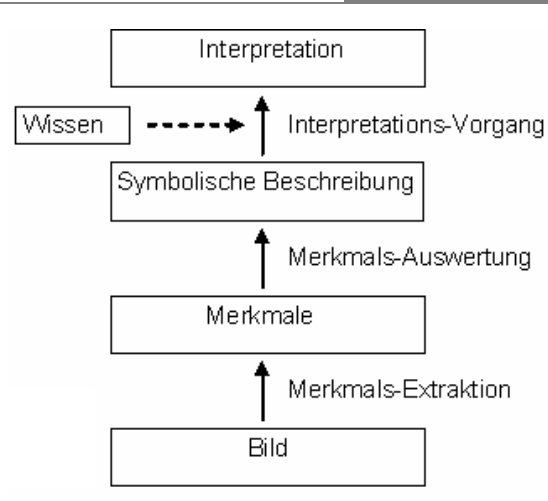
- Hypothese-Test- bzw. Prädiktion-Verifikation
- Vielzahl falscher Hypothesen ... deshalb nur, wenn starke Constraints vorliegen.

# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

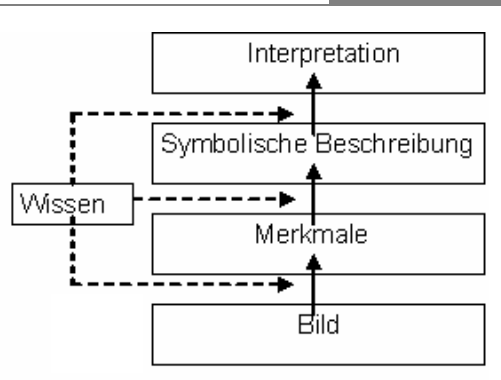
## Kontrollstrukturen (Fortsetzung)

Zur Erinnerung:

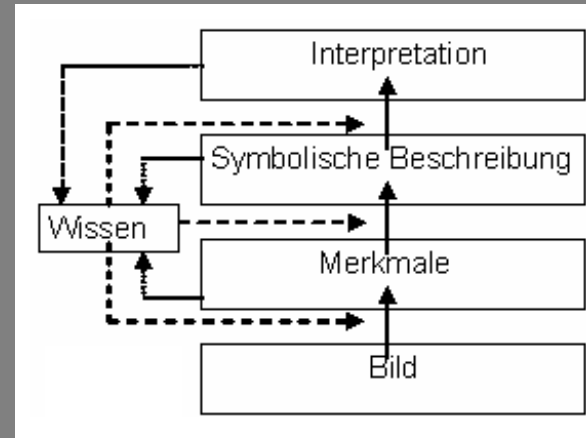
Bottom-Up-Kontrolle:



Top-Down-Kontrolle:



Heterarchische Kontrolle:



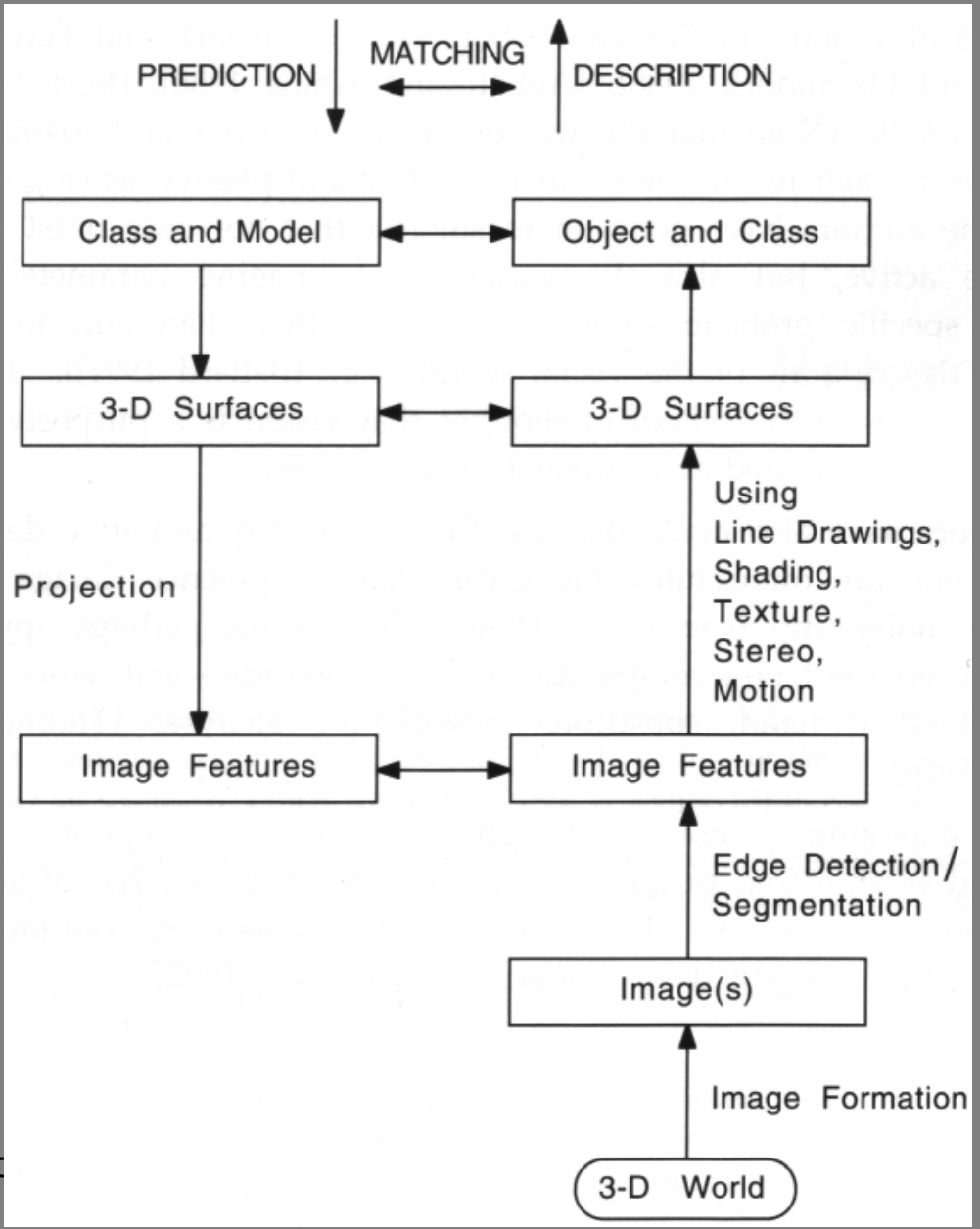
Bei Heterarchischer Kontrolle:

- zuerst Bottom-Up,
- dann Top-Down,
- jeweils Ergebnisse auf nächster Stufe überprüfen,
- iteratives Vorgehen,
- schwierig ... häufig noch Forschungsbereich!



# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

**Iterations-Zyklus bei heterarchischer Kontrolle**  
(iterative Schleifen mit Prädiktion und Verifikation von Hypothesen)



Quelle: „A Guided Tour of Computer Vision“,  
V. S. Nalwa, Addison Wesley

Wolf-Dieter Groch; Hochschule Darmstadt

# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

**Großer Anwendungsbereich:  
Industrielle Nutzung**

Hauptbereiche:

- Prozess-Automatisierung
- Qualitäts-Kontrolle



Visuelle Qualitätskontrolle  
bei der Keks-Fertigung

Quelle: BNN



# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

Anwendungsbereich:  
Visuelle Qualitätskontrolle



Quelle: „Interactive Image Processing for Machine Vision“, Batchelor B., Waltz F., Springer



# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

## Qualitätskontrolle in der Industrie

Quelle: „Stand und Trends der Bildverarbeitung in NRW“,  
Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Technologie

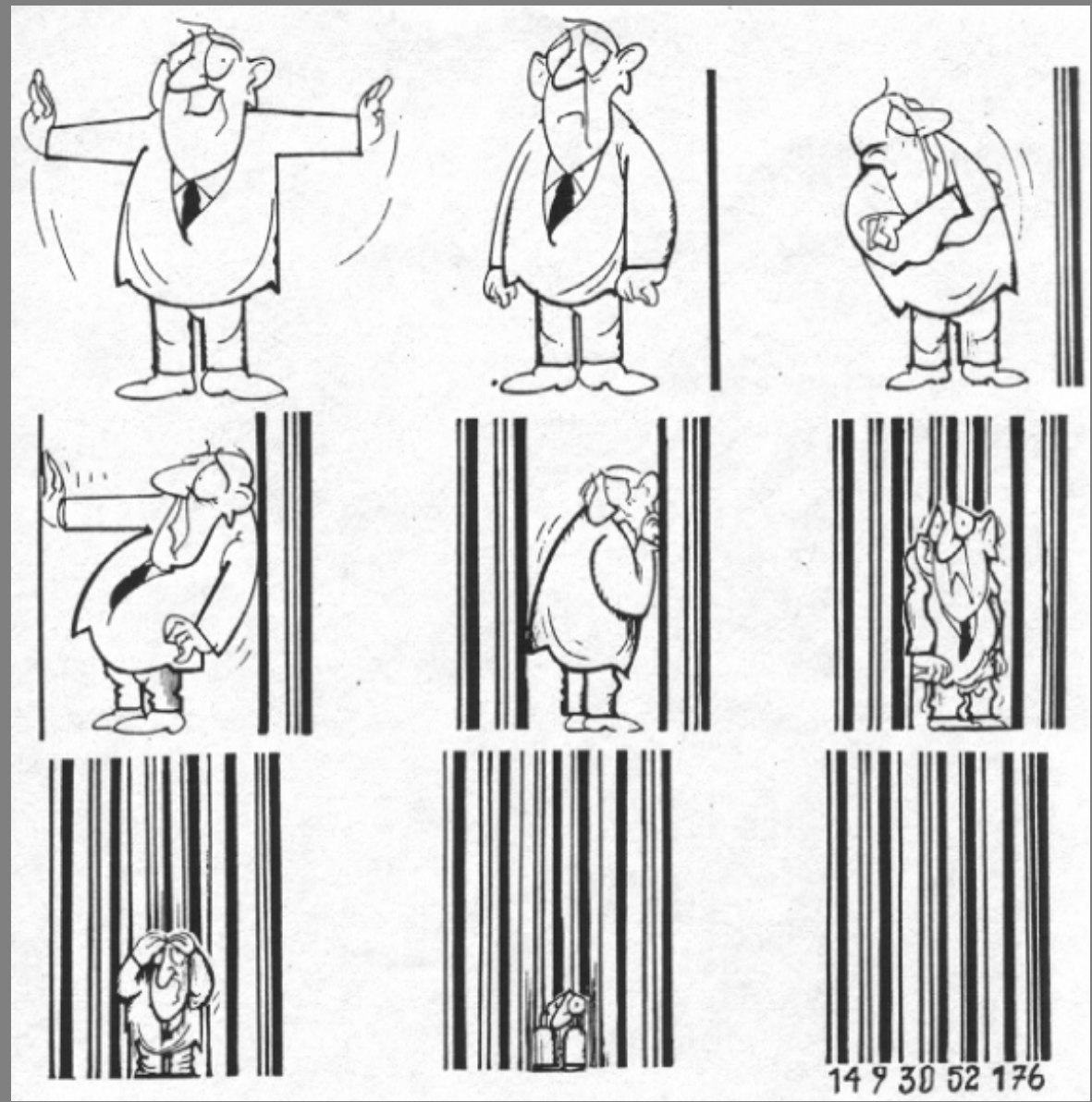
<b>Kriterium</b>	<b>Mensch</b>	<b>Bildverarbeitung</b>
objektive Beurteilung	nein	ja
100% Kontrolle	hoher Aufwand	ja
Fehlerrate	hoch	niedrig
Taktrate	niedrig	sehr hoch
Ermüdungserscheinungen	ja	nein
optische Täuschungen	leicht möglich	nein
statistische Aufbereitung	schwer möglich	leicht möglich
Reproduzierbarkeit	schwer möglich	leicht möglich
geometrische Messungen	mit Hilfsmitteln möglich	leicht möglich
Strukturerkennung, Unterscheidung und Zuordnung	ja	ja

Gegenüberstellung: bisherige Prüfverfahren – industrielle Bildverarbeitung



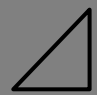
# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

Spezielle Anwendungen:



Strich-Code-Scanner

Quelle: „Datenmühle“,  
Rosenheimer Verlagshaus

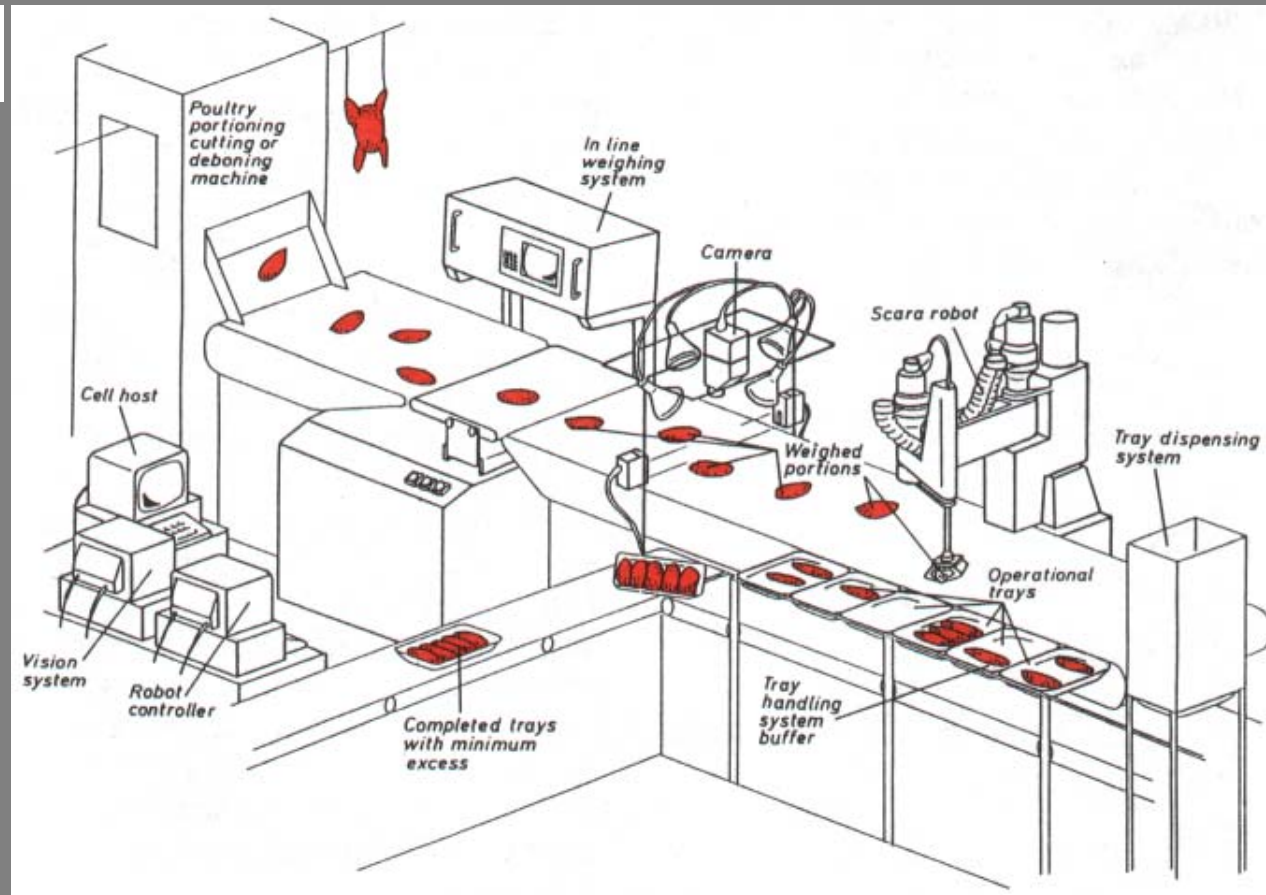


# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

Spezielle Anwendungen  
(Fertigungs-Automatisierung):

Hähnchenschnitzel:  
automatische  
Portionierung

Quelle: unbekannt

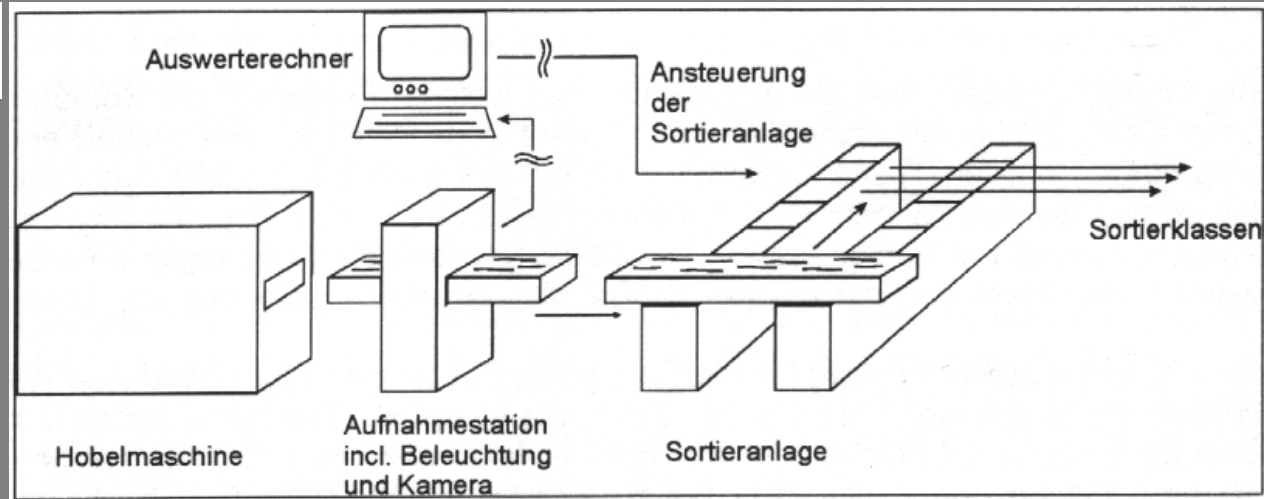


# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

## Spezielle Anwendungen (Fertigungs-Automatisierung):

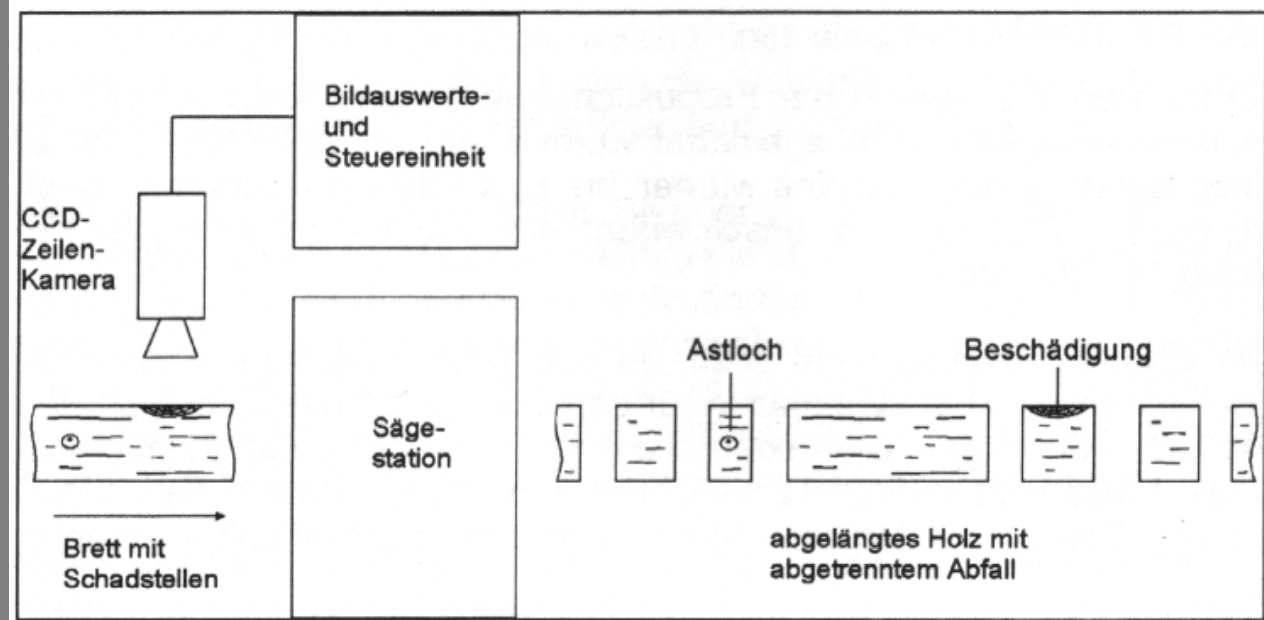
Automatische  
Profilholz-Sortierung

Quelle: „Stand und Trends  
der Bildverarbeitung in NRW“,  
Ministerium für Wirtschaft,  
Mittelstand und Technologie  
Verlagshaus



Automatische  
Steuerung einer  
Kappsäge

Quelle: „Stand und Trends  
der Bildverarbeitung in NRW“,  
Ministerium für Wirtschaft,  
Mittelstand und Technologie  
Verlagshaus

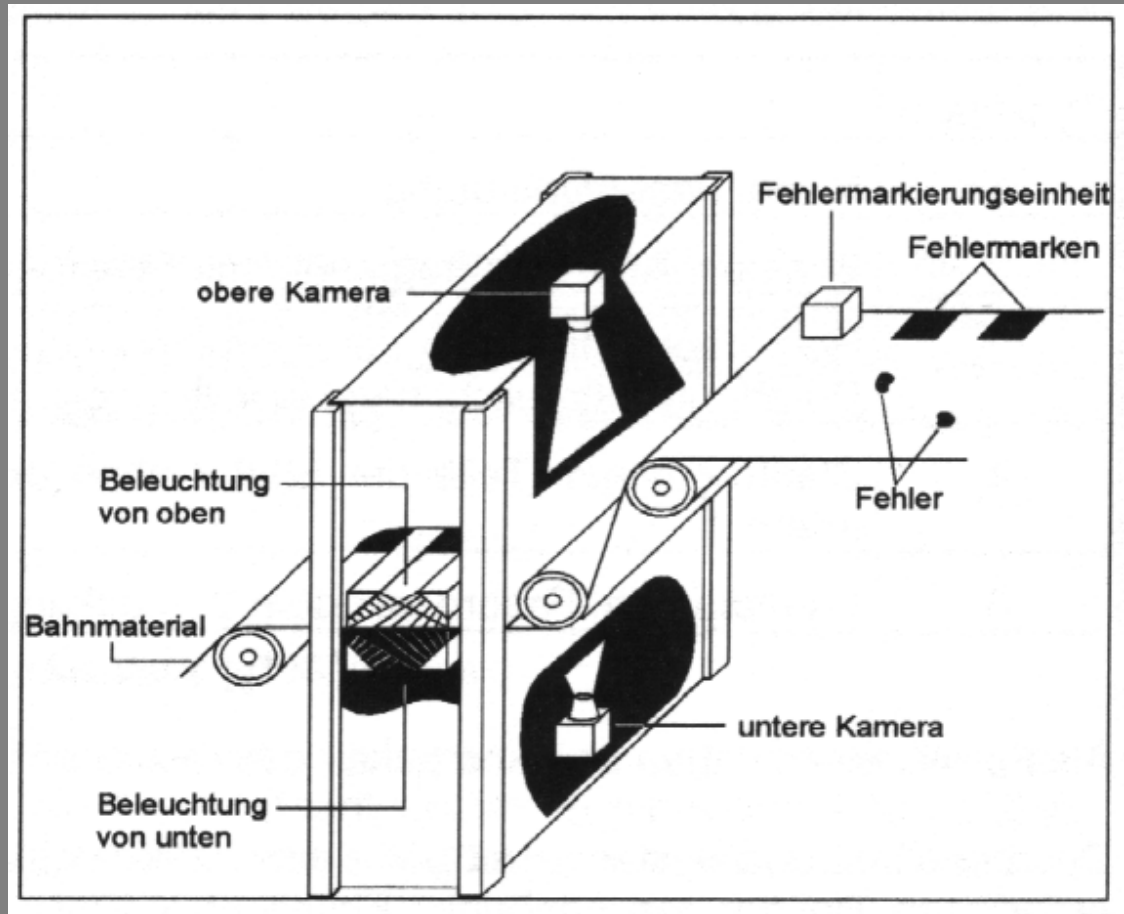


# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

**Spezielle Anwendungen**  
(Fertigungs-Automatisierung):

Automatische  
Erkennung von  
Fehlstellen in  
Textilbahnen

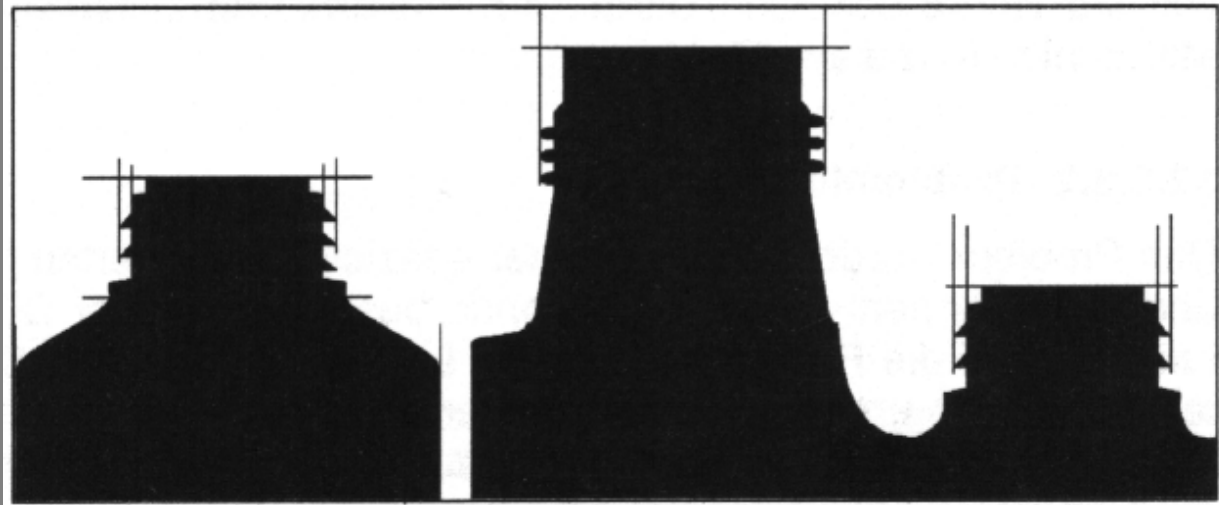
Quelle: „Stand und Trends  
der Bildverarbeitung in NRW“,  
Ministerium für Wirtschaft,  
Mittelstand und Technologie  
Verlagshaus



# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

## Spezielle Anwendungen

(Fertigungs-Automatisierung):



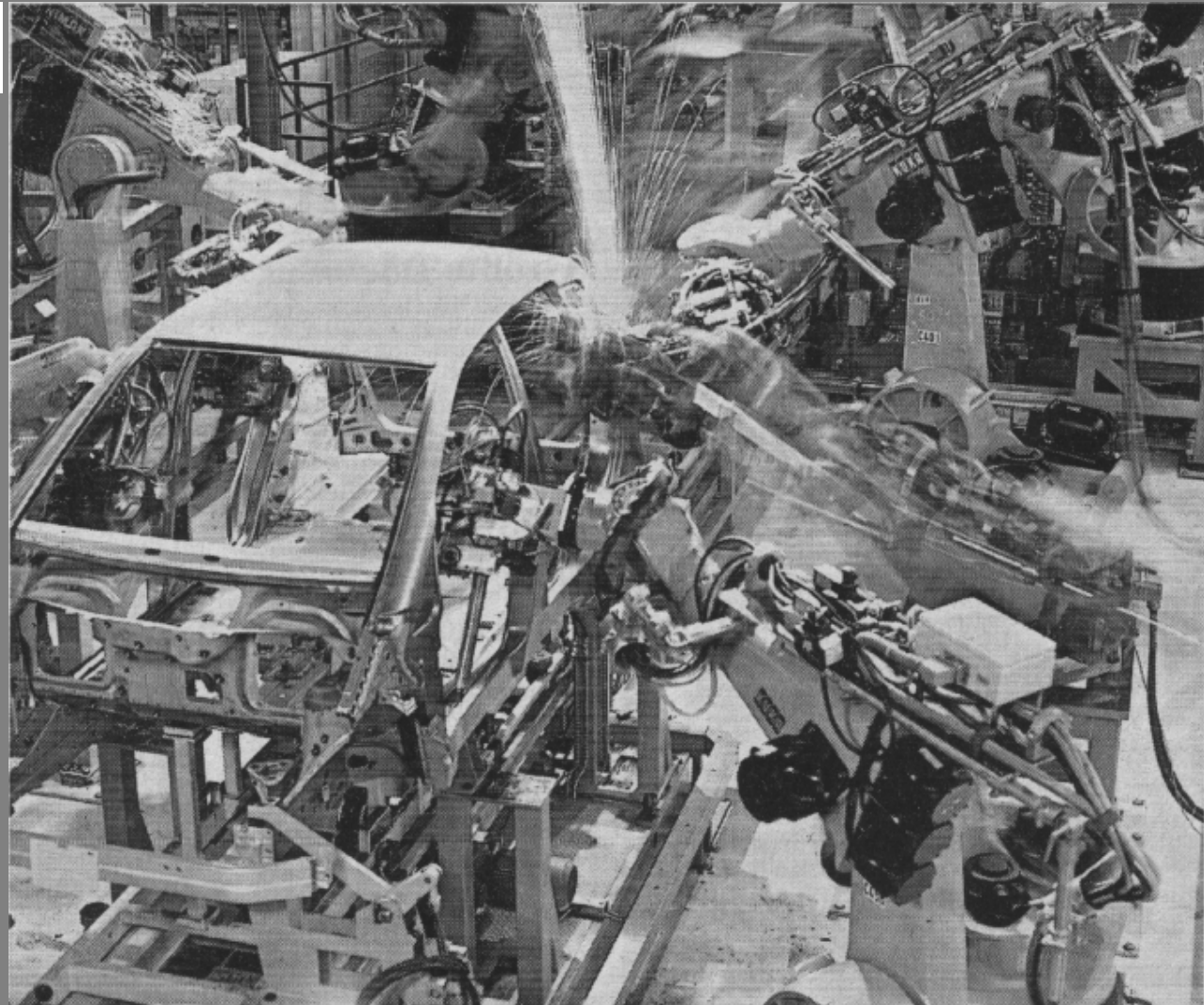
Automatische Überprüfung der Geometrie von Glasbehältern (insbesondere im Halsbereich)

Quelle: „Stand und Trends der Bildverarbeitung in NRW“, Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Technologie Verlagshaus



# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

**Spezielle Anwendungen**  
(Fertigungs-Automatisierung):



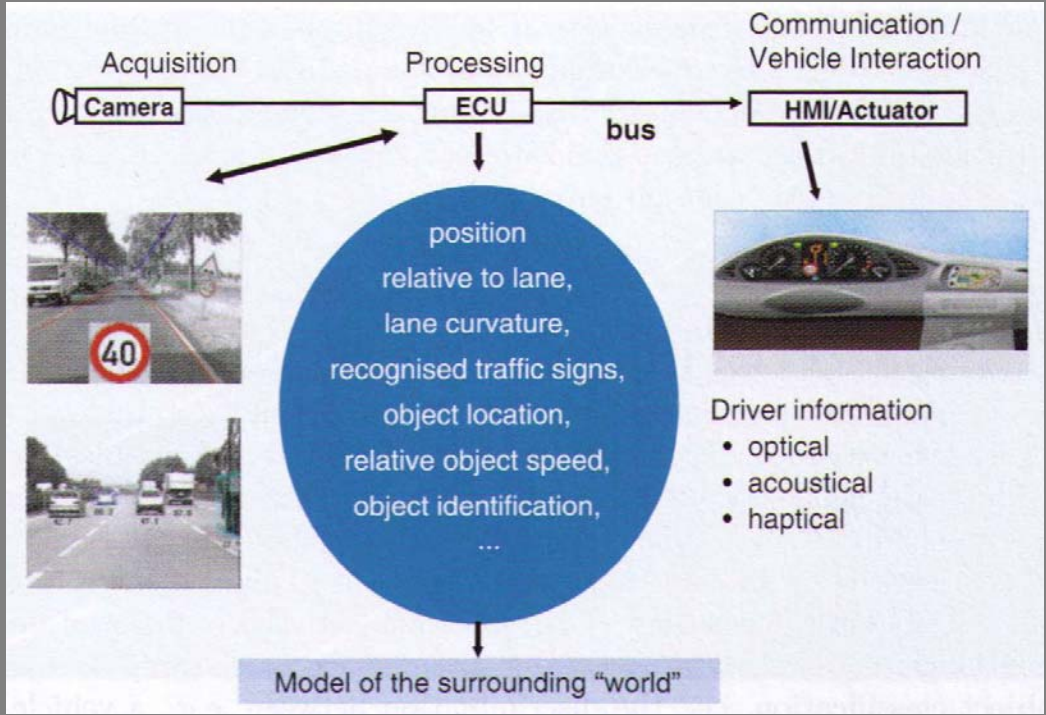
Automatische  
Schweiß-Roboter in  
der KFZ-Montage

Quelle: BNN



# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

## Spezielle Anwendungen (KFZ-Bereich):



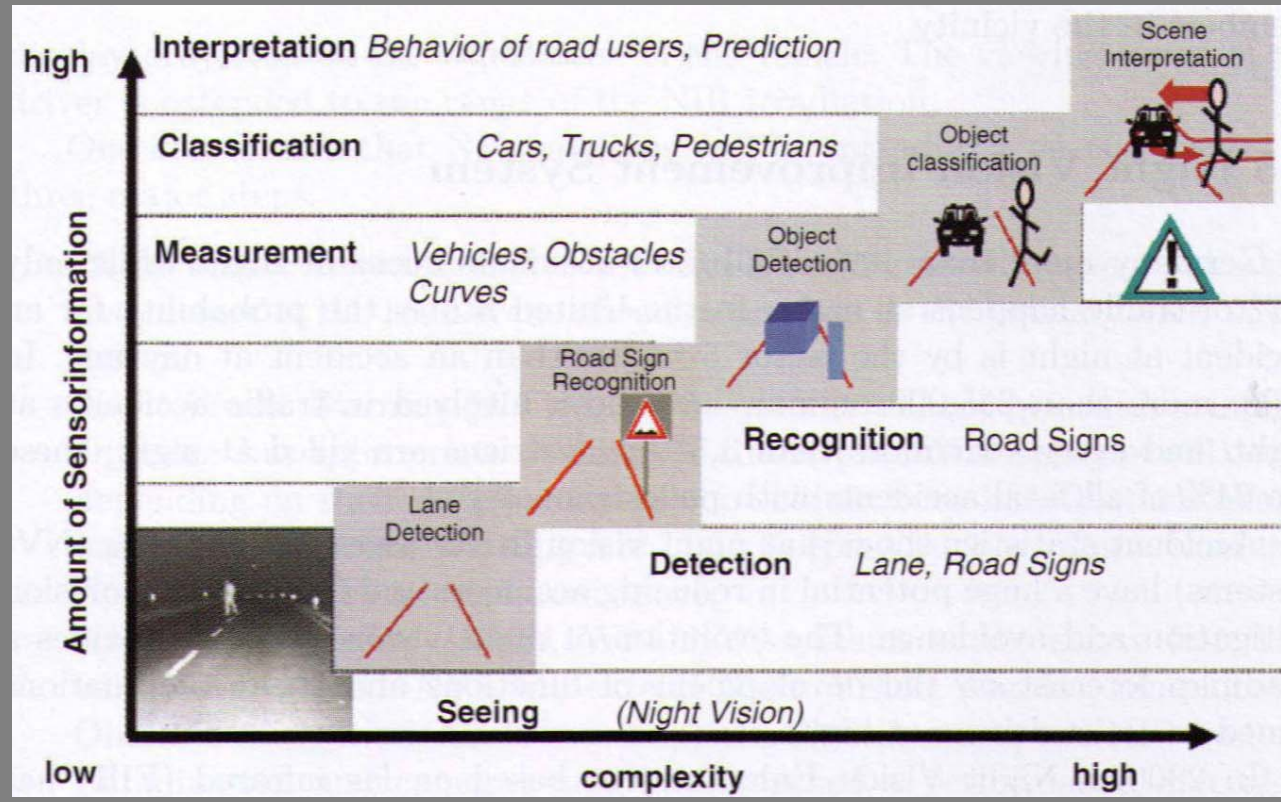
## Intelligente Assistenten im KFZ-Bereich

Quelle: „High dynamic range (HDR) vision“, Höfflinger, B., Springer



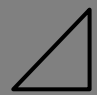
# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

Spezielle Anwendungen  
(KFZ-Bereich):



Intelligente Assistenten im KFZ-Bereich

Quelle: „High dynamic range (HDR) vision“, Höfflinger, B., Springer

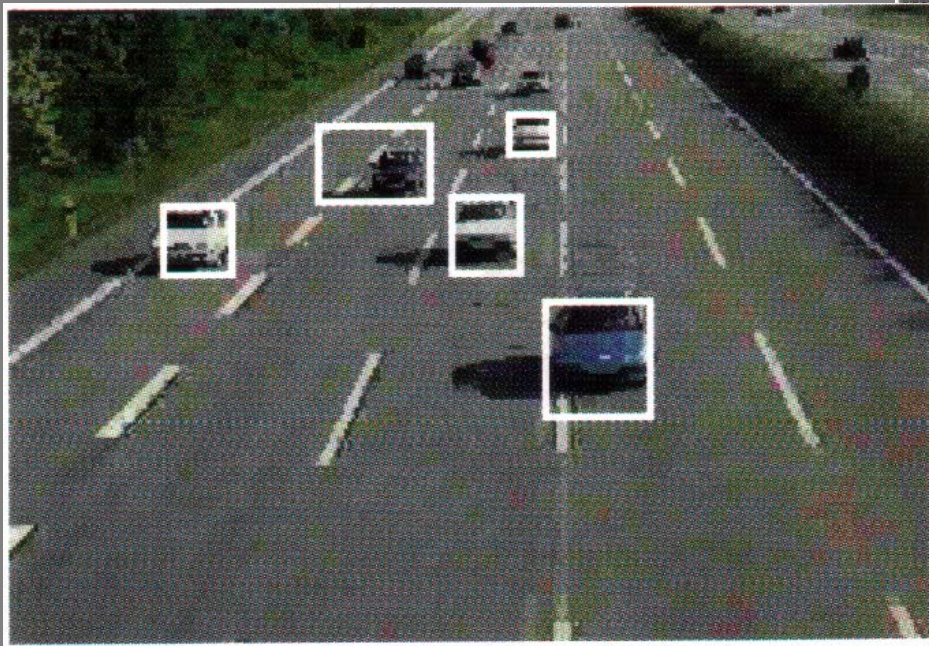


# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

**Spezielle Anwendungen**  
(KFZ-Bereich):

Automatische Verkehrs-Überwachung und -Steuerung; hier: Bestimmung der Sichtbedingungen

Quelle: FhG - IGD



Automatische Verkehrs-Überwachung und -Steuerung; hier: Ermittlung der Verkehrsdichte

Quelle: FhG - IGD

Wolf-Dieter Groch; Hochschule Darmstadt; FBI

50/60



# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

Spezielle Anwendungen  
(KFZ-Bereich):



Warnlampen leuchten auf: Sensoren erfassen den Hintermann besser als der Seitenspiegel.

Foto: Werk

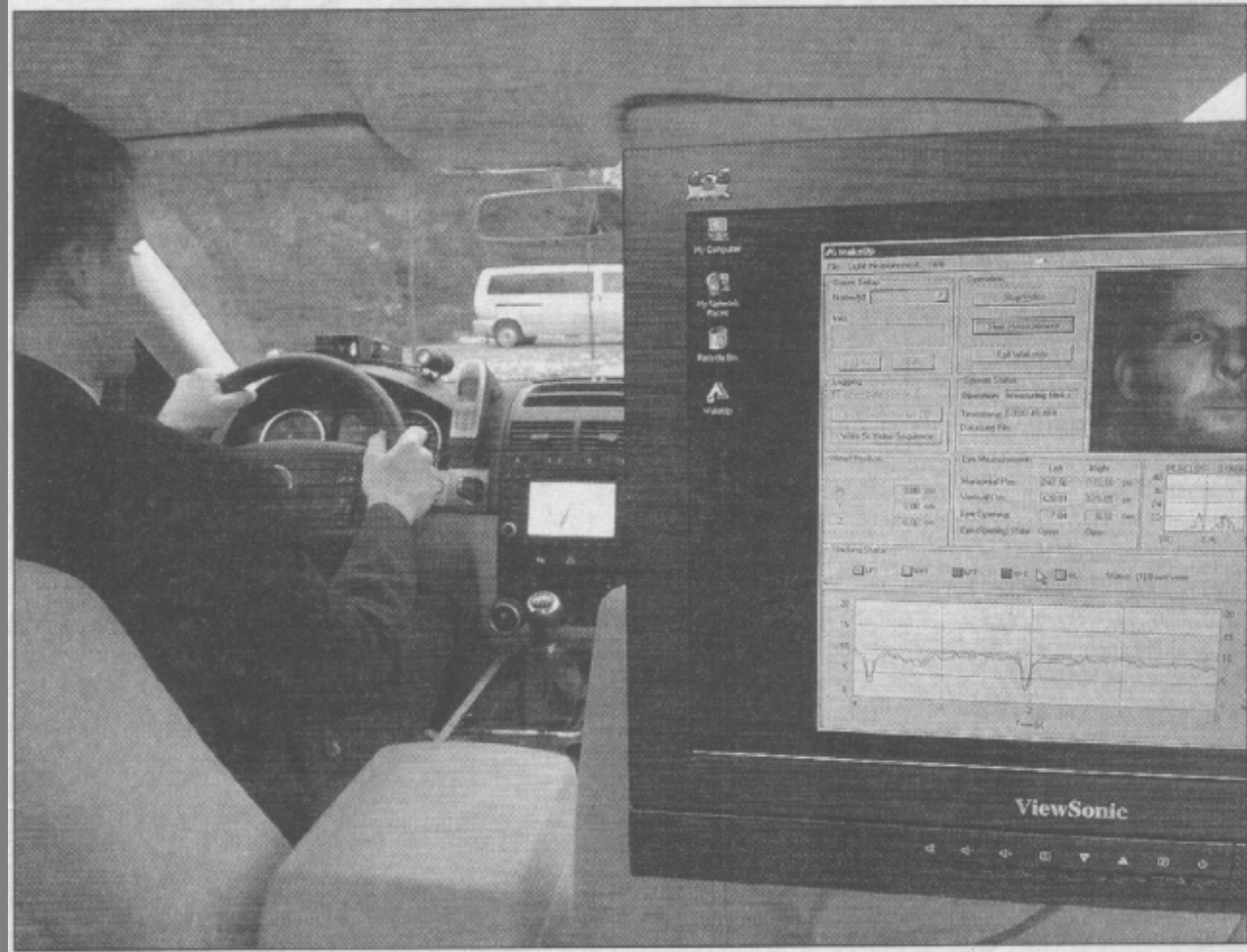
Automatische Überwachung des „toten Winkels“

Quelle: BNN



# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

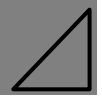
Spezielle Anwendungen  
(KFZ-Bereich):



MIT EINEM MONITOR wird in einem VW-Forschungsfahrzeug der Lidschlag des Fahrers überwacht. Sollte es etwa zum Sekundenschlaf kommen, wird Alarm ausgelöst. Foto: dpa

Automatische Überwachung des Fahrers im Hinblick auf den „Sekundenschlaf“

Quelle: BNN



# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

Spezielle Anwendungen  
(KFZ-Bereich):

Automatische Steuerung  
von KFZ; hier: 212  
Kilometer durch die  
Wüste von Nevada

Quelle: BNN



*WIE VON GEISTERHAND GESTEUERT schaffte der umgebaute VW Touareg den Sieg beim Grand Challenge durch die Wüste von Nevada. Foto: AP*



# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

Spezielle Anwendungen  
(Haushalts-Roboter):

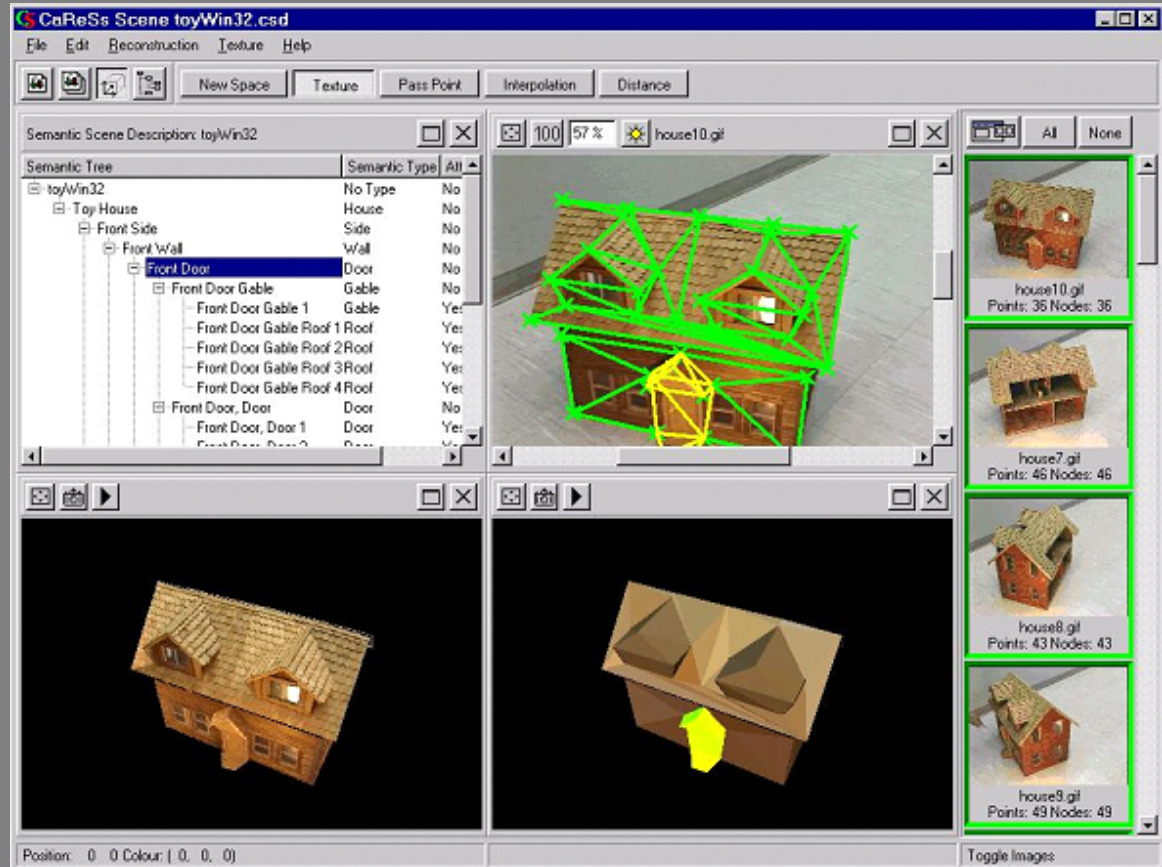


Quelle: FZI – Forschungszentrum Informatik, Karlsruhe



# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

**Spezielle Anwendungen**  
(3D-Rekonstruktion):



Aus mehreren Freihand-Aufnahmen (rechts) wird die 3D-Geometrie rekonstruiert, auf das 3D-Modell (unten Mitte) wird anschließend das optische Erscheinungsbild „aufgemappt“ (unten links)

Quelle: FhG - IGD

# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

Spezielle Anwendungen  
(KFZ-Bereich):



oben/links: Originalbild;  
oben/rechts: Wire-Frame;  
unten: texturiertes Modell



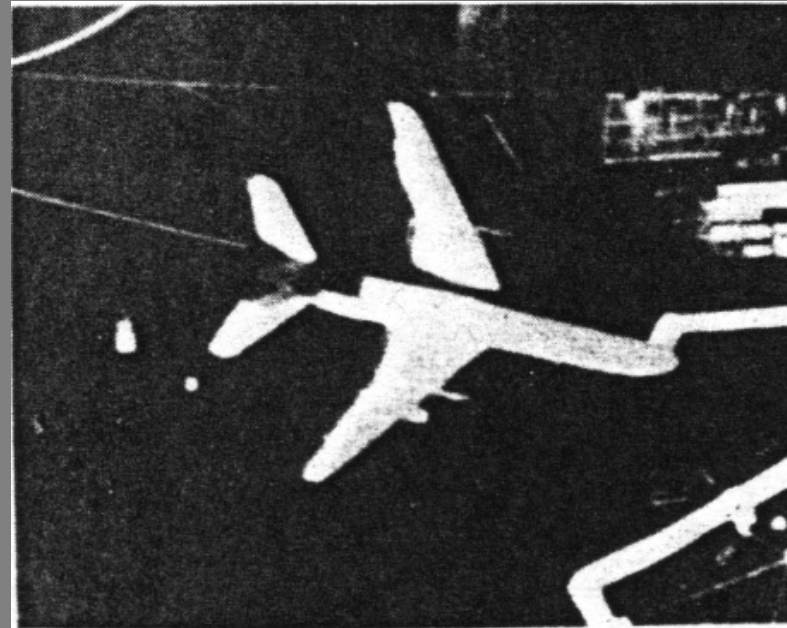
Quelle: FhG - IGD



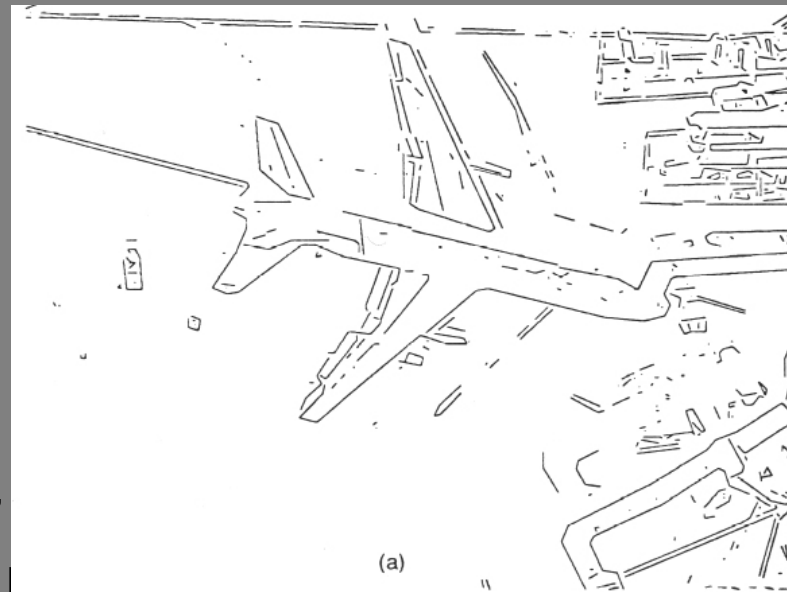
# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

Historisches Beispiel zur  
wissensbasierten Bildinterpretation:  
ACRONYM (1)

Ergebnis der  
Kantendetektion



Ergebnis der  
Kantendetektion



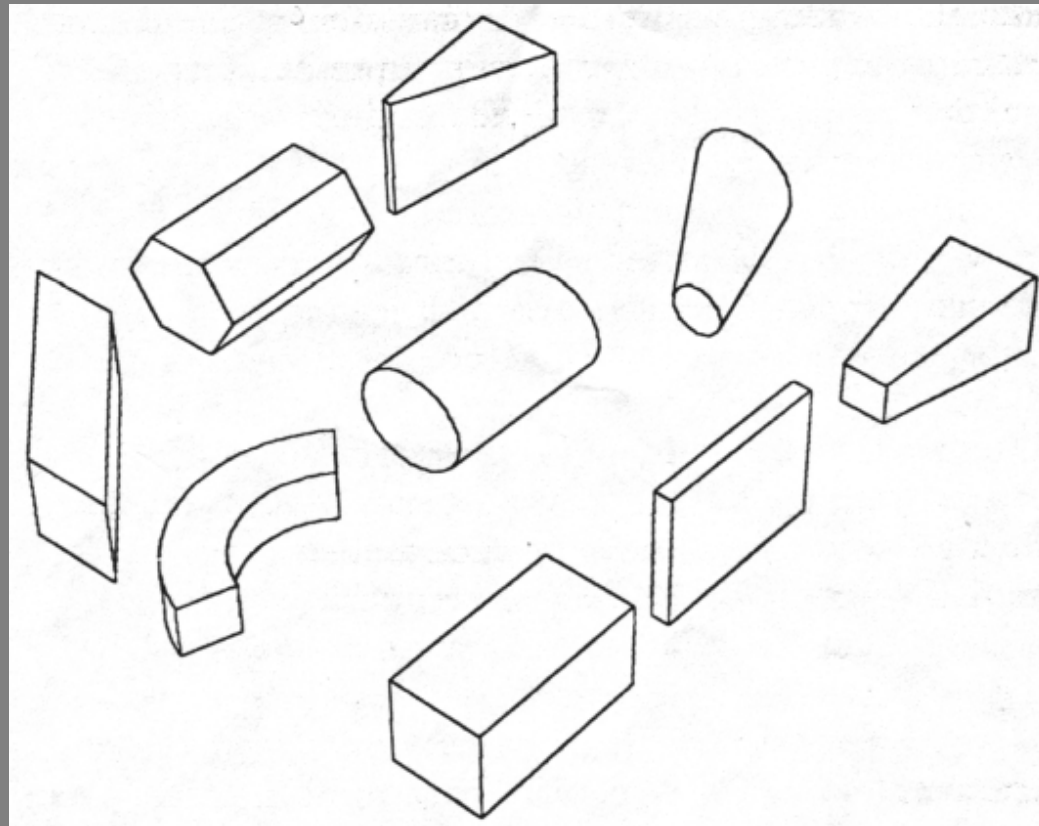
Quelle: „Künstliche Intelligenz“, P. H. Winston,  
Addison Wesley

Wolf-Dieter Groch; Hochschule Darmstadt;



# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

## Historisches Beispiel zur wissensbasierten Bildinterpretation: ACRONYM (2)



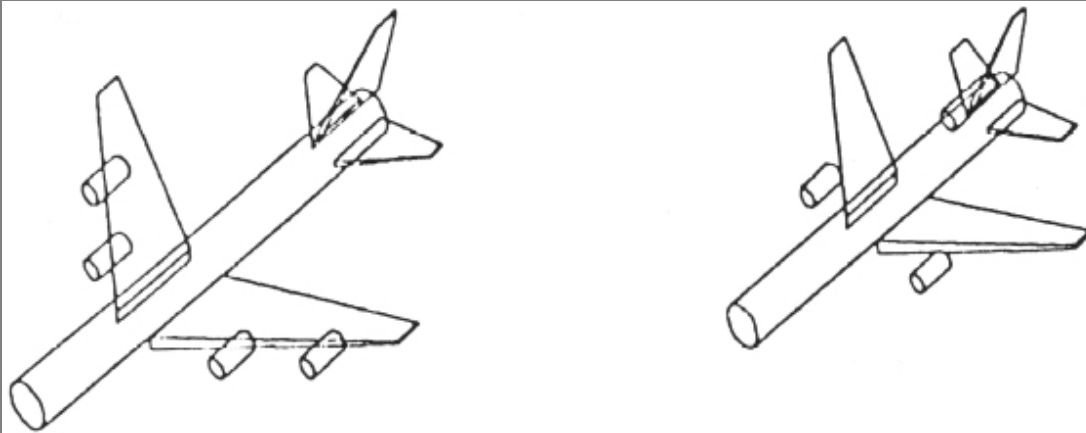
„Generalizes Cones“ als  
Primitive zur Modellierung  
der vorkommenden Objekte

Quelle: „Künstliche Intelligenz“, P. H. Winston, Addison Wesley



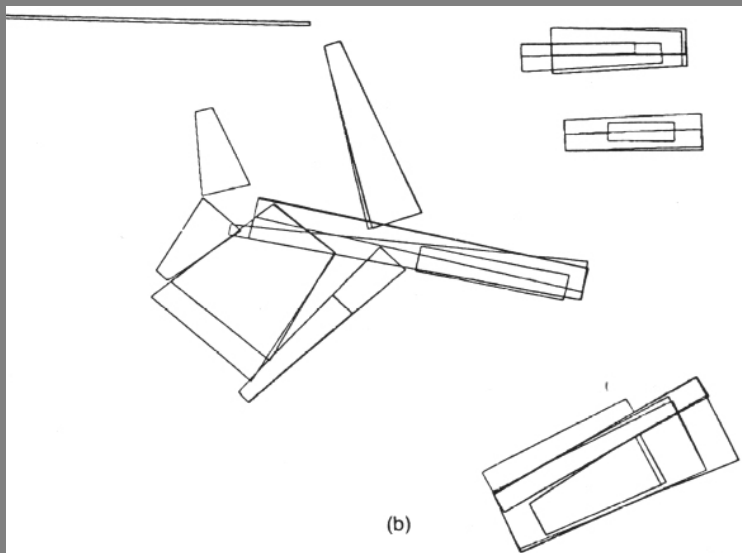
# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

## Historisches Beispiel zur wissensbasierten Bildinterpretation: ACRONYM (3)

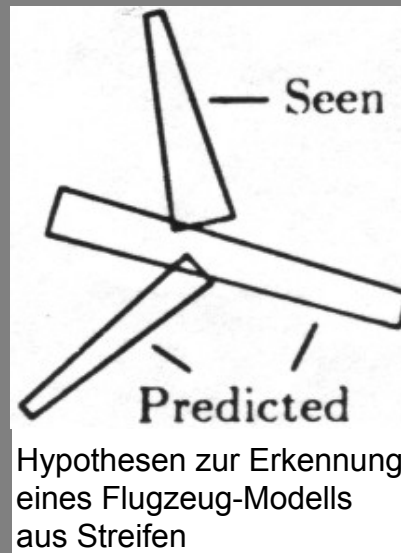


Modellierung von Flugzeugen mit Hilfe von „Generalized Cones“;  
links: Boeing 747;  
rechts: Lockheed L-1011

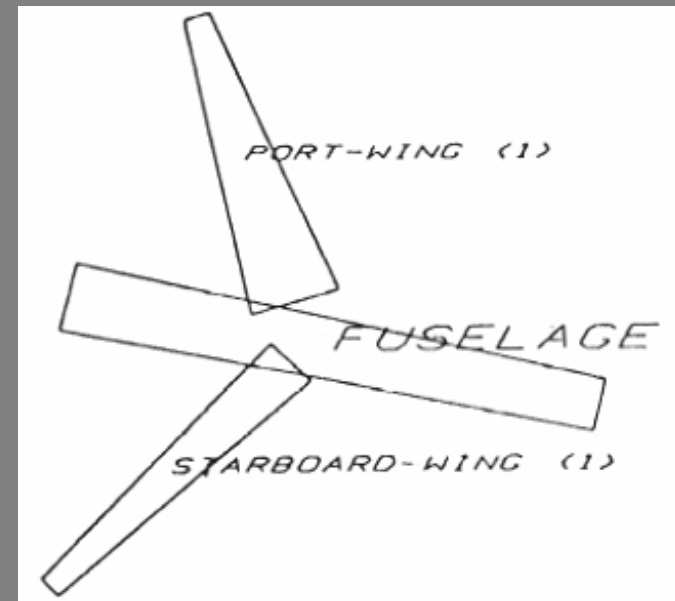
Quelle: „Künstliche Intelligenz“,  
P. H. Winston, Addison Wesley



Hypothesen für Streifen - „Generalized Cones“  
erscheinen im Bild als Streifen



Hypothesen zur Erkennung  
eines Flugzeug-Modells  
aus Streifen



Interpretationsergebnis der Flugzeug-  
Erkennung: Boeing 747

Wolf-Dieter Groch; Hochschule Darmstadt; FBI

# Comp. Vis.; Kap. 9: Wissensbasierte Bildinterpretation

Historisches Beispiel zur  
wissensbasierten Bildinterpretation:  
ACRONYM (4)

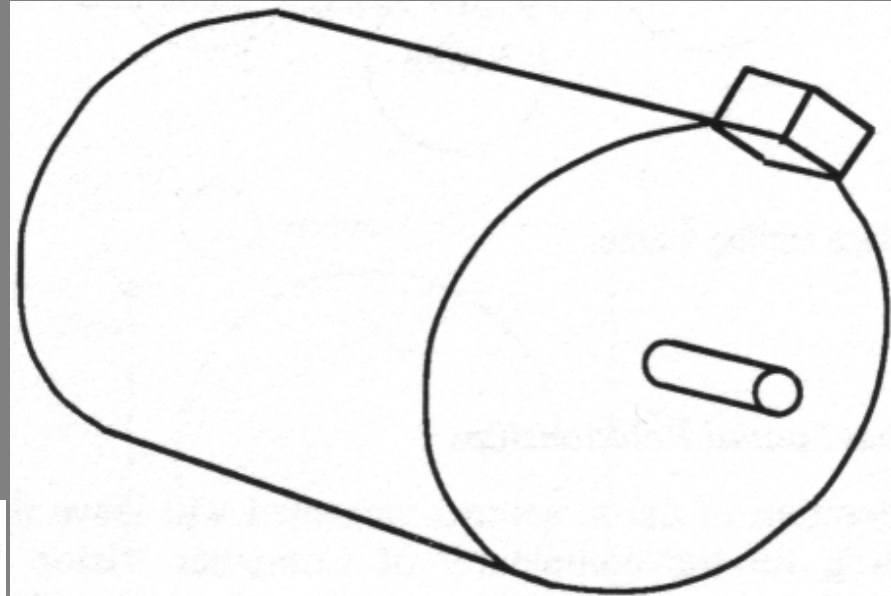
Alternative Einsatz-Möglichkeiten für ACRONYM:  
hier Erkennung von Elektromotoren

```
Node: GENERIC_ELECTRIC_MOTOR_CONE
CLASS:      SIMPLE_CONE
SPINE:      Z0014
SWEEPING_RULE:  CONSTANT_SWEEPING_RULE
CROSS_SECTION:  Z0013
```

```
Node: Z00014
CLASS:      SPINE
TYPE:       STRAIGHT
LENGTH:     MOTOR_LENGTH
```

```
Node: CONSTANT_SWEEPING_RULE
CLASS:      SWEEPING_RULE
TYPE:       CONSTANT
```

```
Node: Z0013
CLASS:      CROSS_SECTION
TYPE:       CIRCLE
```



Quelle: „Computer Vision – A first Course“;  
R. D. Boyle, R. C. Thomas; Blackwell

