

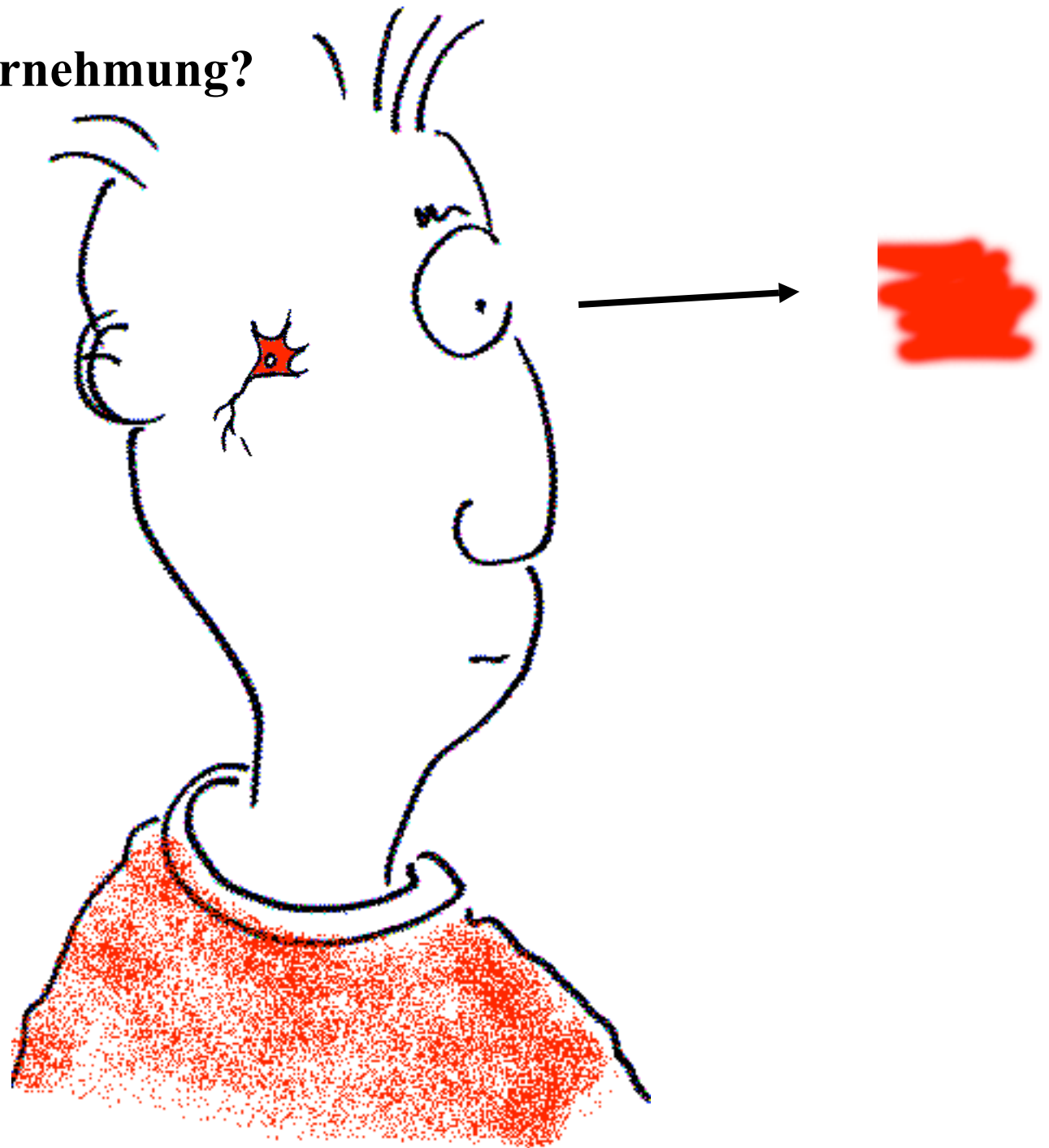


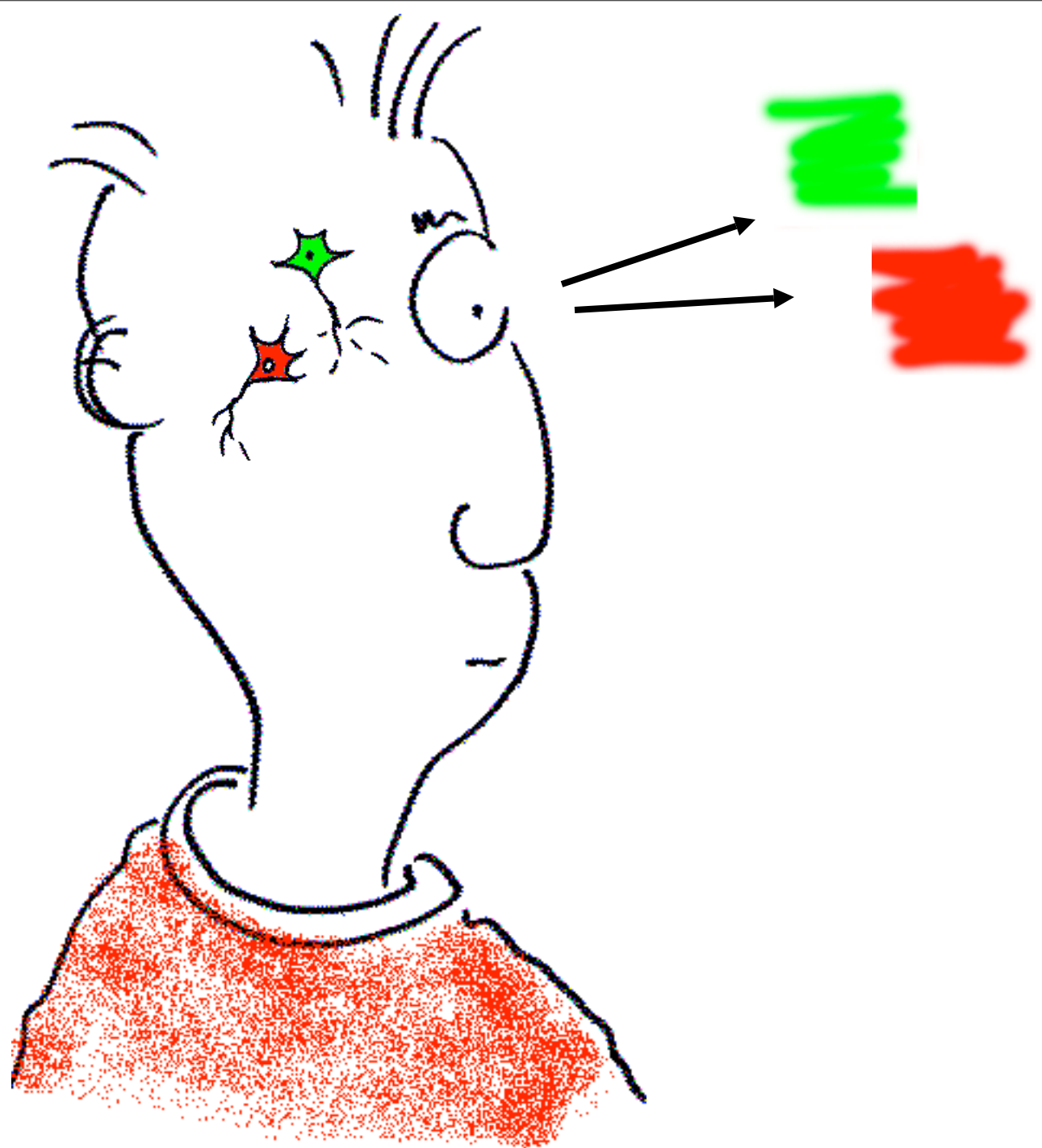
# Kognitive Robotik II: Wahrnehmung

Prof. Dr. Verena V. Hafner,  
Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Informatik,  
WS 2008/2009

Mit Dank an Prof. Dieter Burkhard  
und seine Mitarbeiter und Studenten  
+ Prof. Kevin O'Regan (Paris)

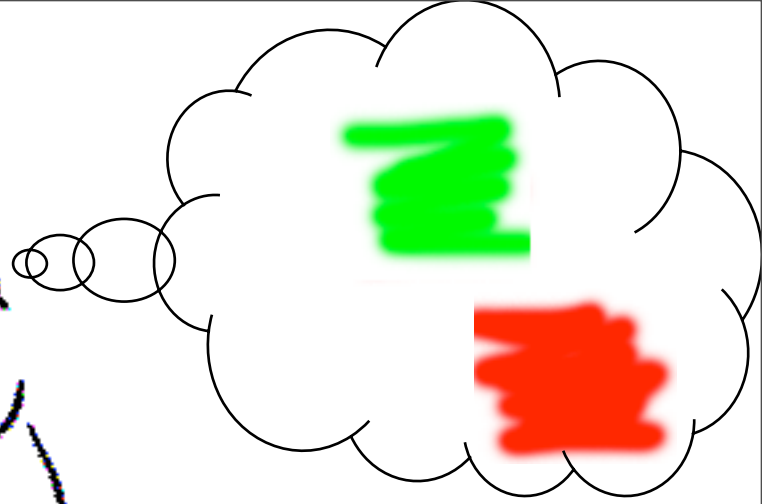
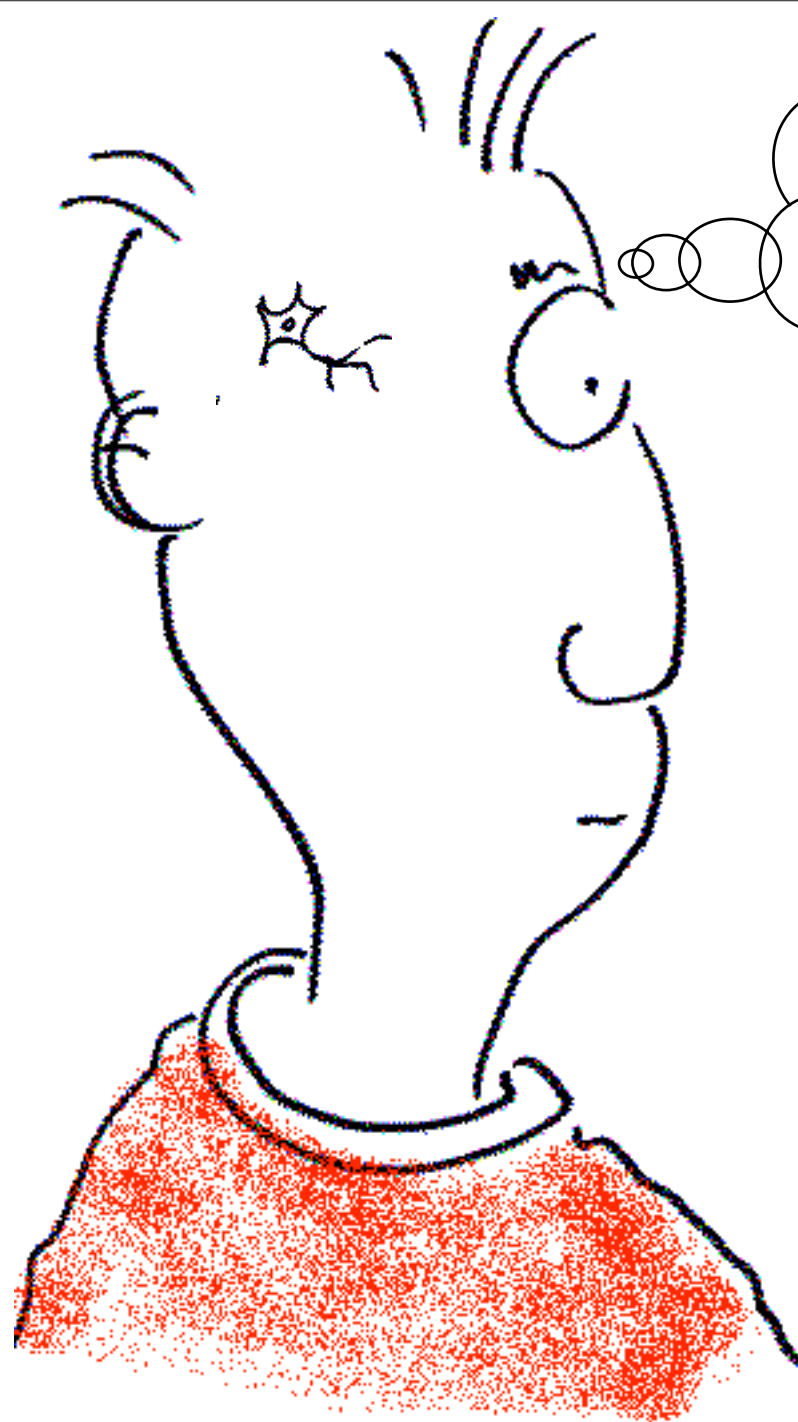
# Was ist Wahrnehmung?



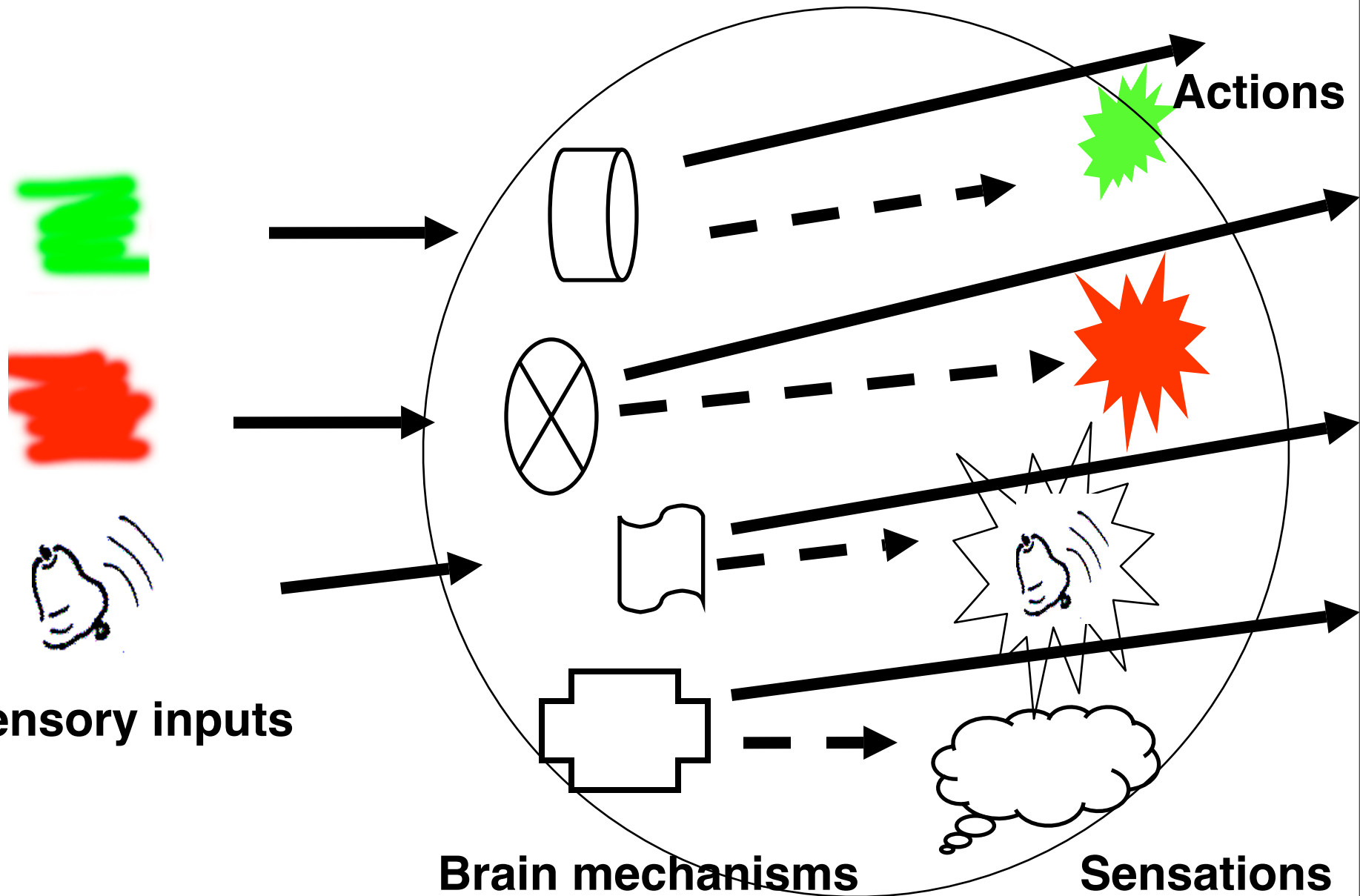








# Le problème de la conscience phénoménale





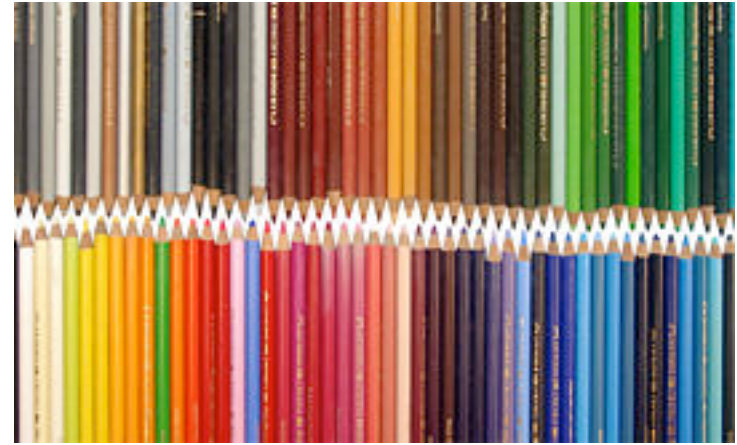
## Qualia?

- Thomas Nagel (1974): What is it like to be a bat?



# Qualia

- Gibt es Qualia?



- Louis Armstrong: „Wenn du erst fragen musst was Jazz ist, wirst du es nie verstehen.“
- Wein -Pfefferminzbonbon - Wein
  - Ansgar Beckermann: Analytische Einführung in die Philosophie des Geistes.[4]

# Qualia

- Gedankenexperiment

Tatsächlicher Zusammenhang  
zwischen neuronalen Zuständen und Wahrnehmungen



Invertierte Qualia

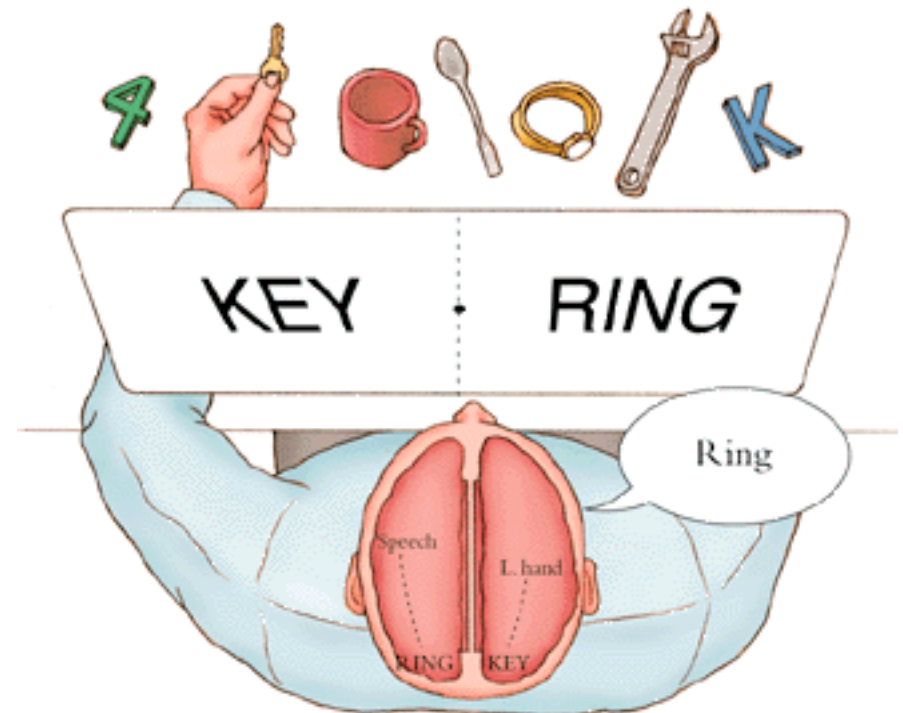
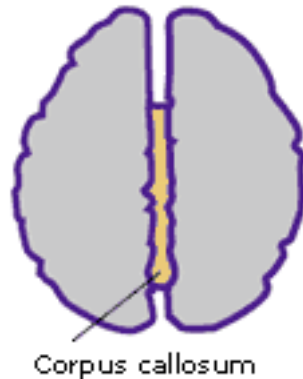


Fehlende Qualia



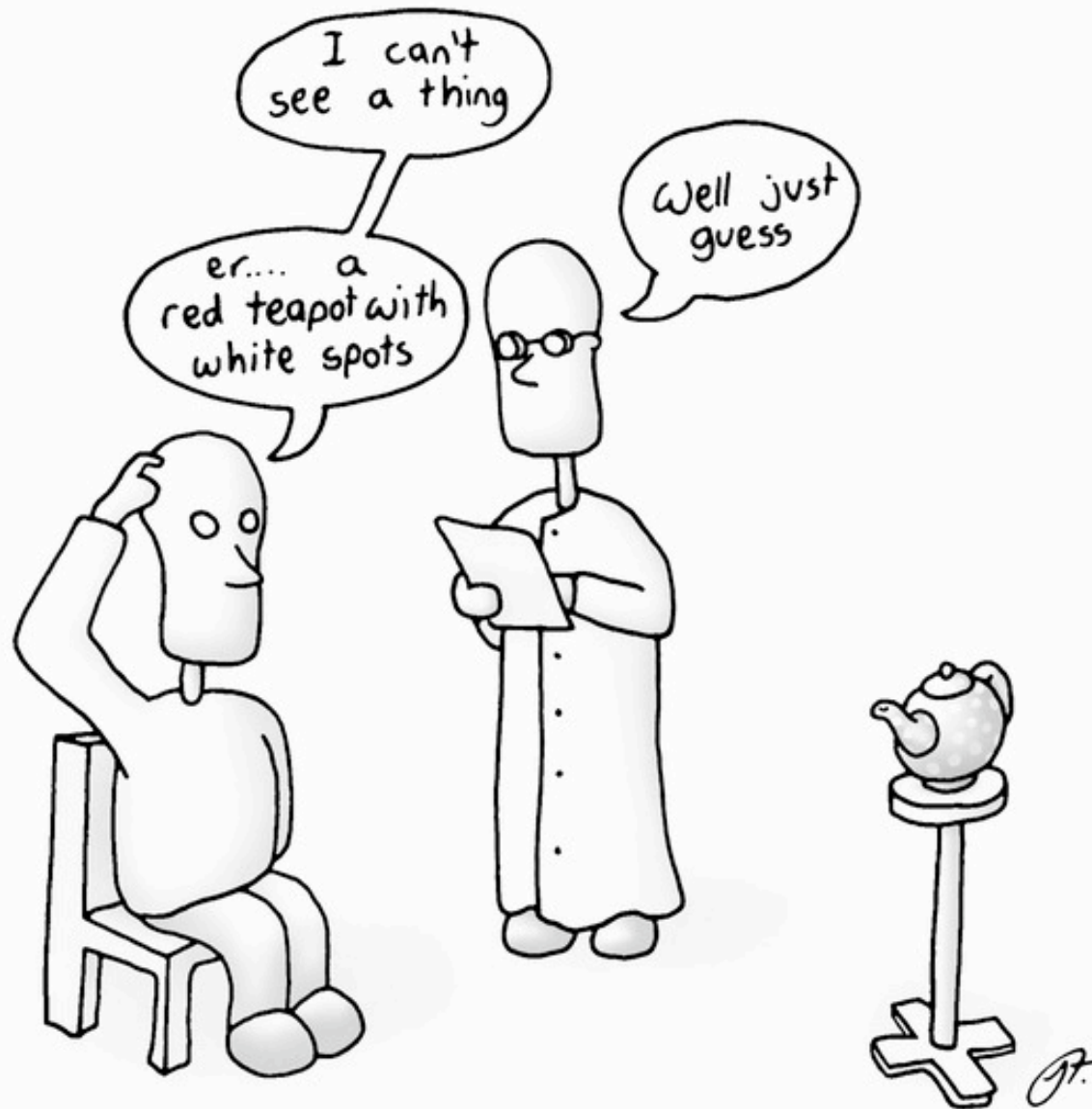
# Bewusstsein

- Erforschung anhand pathologischer Fälle
- z.B. Split-Brain Patienten





# Zugang zum Bewusstsein





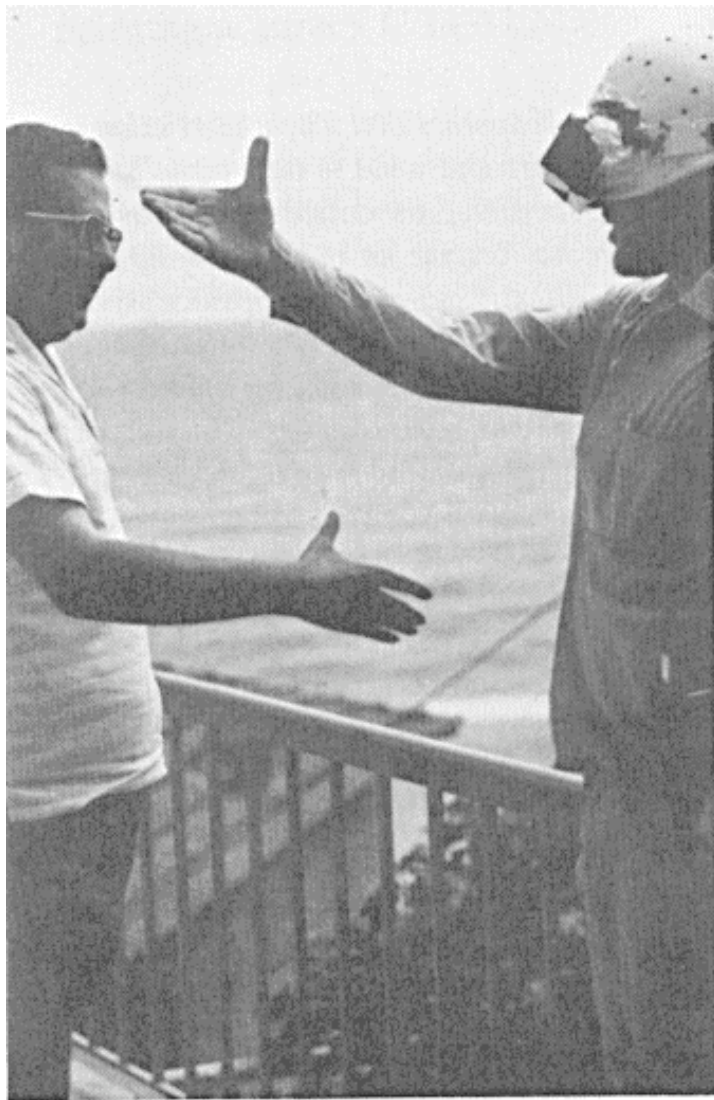
# Vision-inverting mirror

Erismann (1947)

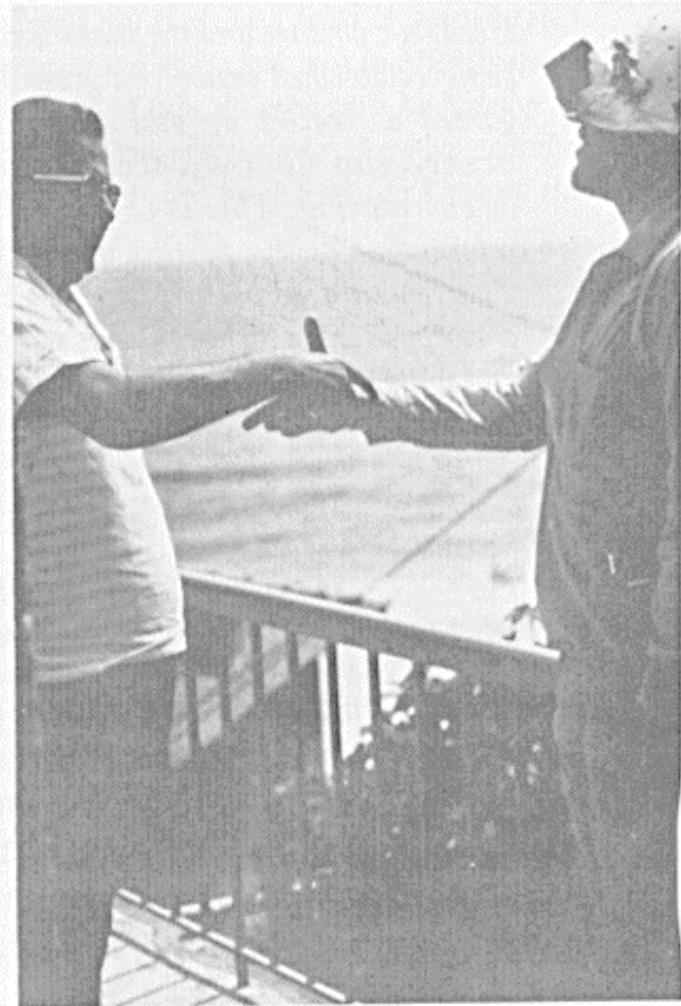
Ivo Kohler (1951)

Innsbrucker Brillenversuche





a



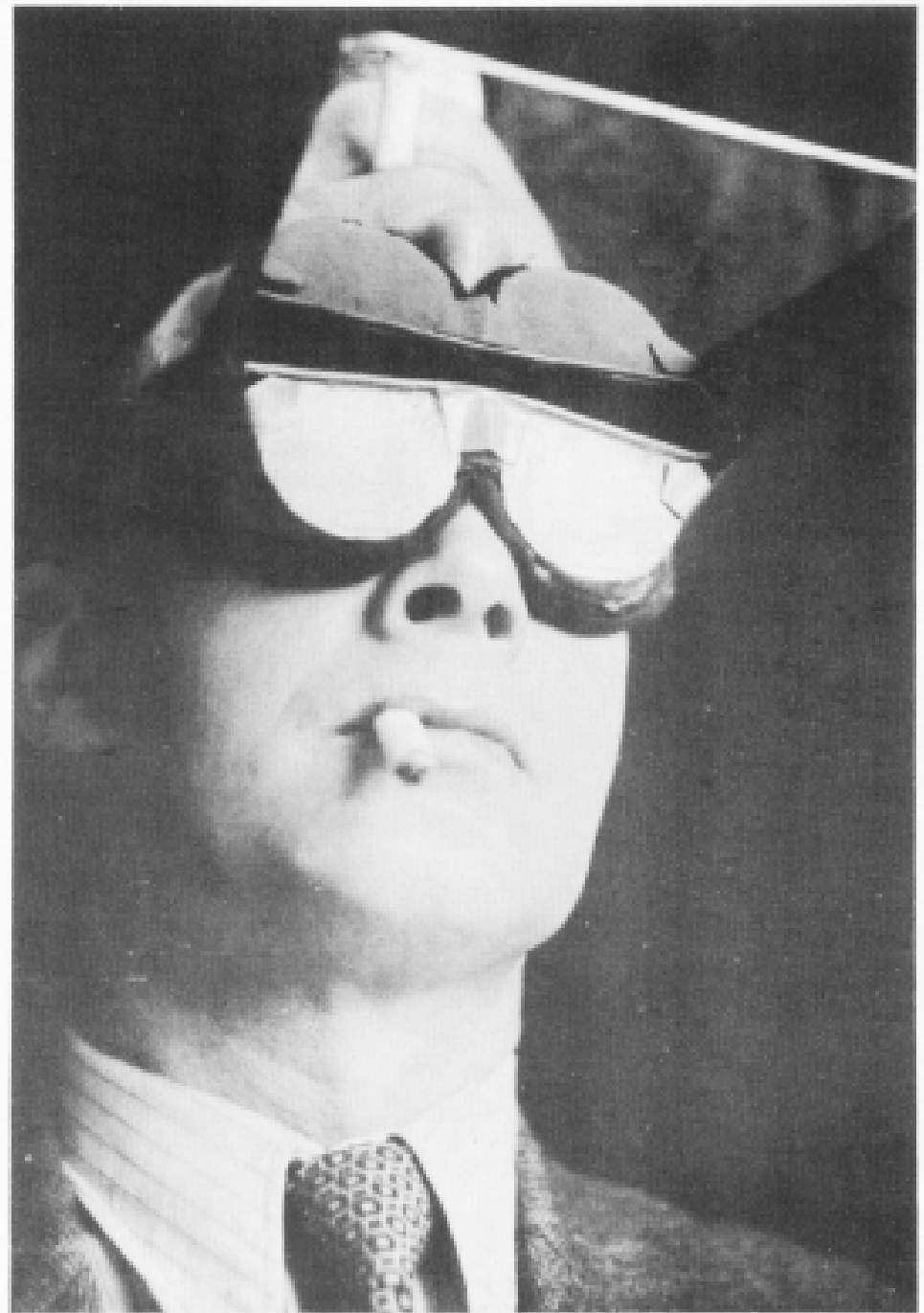
b

**FIGURE 8.2.** (a) Attempting to shake hands wearing up-down reversing prisms; (b) success is finally achieved by assuming a novel head position, which keeps the reaching arm-hand in the field of view. (Stage 3 of the Prism Study.)

# Innsbrucker Brillenversuche

## 124 Tage - Experiment:

Kohler: „So erzeugt jede Bewegung des Kopfes gegenüber den auf einem Punkt festgehaltenen Augen die unerwartetsten und wunderlichsten Form- und Gestaltsänderungen aller Objekte, die sich im Gesichtsfeld befinden. Die sonst so wohlbekannteste Form scheinen in Auflösung begriffen und setzen sich in neuen, noch nie gesehenen Proportionen wieder zusammen. ... Ich war dann überrascht, ....., wenn irgendeine Hauswand überhängend schräg zur Gasse abfiel, ein gesehener und mit dem Blick verfolgter Kraftwagen sich verbog, die Strasse wie eine Wasserwoge abwärts glitt, Häuser und Bäume umzufallen begannen"



# Multimodality



A blind subject with a "Tactile Visual Substitution system". A TV camera (mounted on spectacle frames) sends signals through electronic circuitry (displayed in right hand) to an array of small vibrators (left hand) which is strapped against the subject's skin. The pattern of tactile stimulation corresponds roughly to a greatly enlarged visual image. (Photograph courtesy of P. Bach-y-Rita). From Morgan [1977].

# Synästhesie

Unter Synästhesie versteht man die (Mit-)Erregung eines Sinnesorgans durch einen nicht spezifischen Reiz, die zu gleichzeitigem Erleben verschiedener Sinneseindrücke bei Reizung von nur einem Sinnesorgan führt. Die häufigsten Erscheinungen sind die optischen Synästhesien („Synopsien“ oder Photismen), bei denen vor allem durch akustische Eindrücke (Töne, Wörter) optische Erscheinungen (auch farbig: Farbenhören) mit erregt werden. Umgekehrt können auch optische Wahrnehmungen sekundäre Gehörserlebnisse („Phonismen“) und akustische Eindrücke Gefühlserlebnisse u. a. hervorrufen (Vgl. dazu Brockhaus multimedia, Bibliographisches Institut & F. A. Brockhaus AG, 2003)

# Beispiele für Synästhesie

- 1 2 3 4 5 6 7 8

- H a l l o

Montag

Dienstag

Mittwoch

Donnerstag

Freitag

Samstag

Sonntag





Home

Lebenslauf

Musik

CD

Konzerte

Bilder

Medienberichte

Kontakt

Synästhesie

kleine Septime bitter wie die grosse Sekunde und die grosse Septime sauer wie die kleine Sekunde.



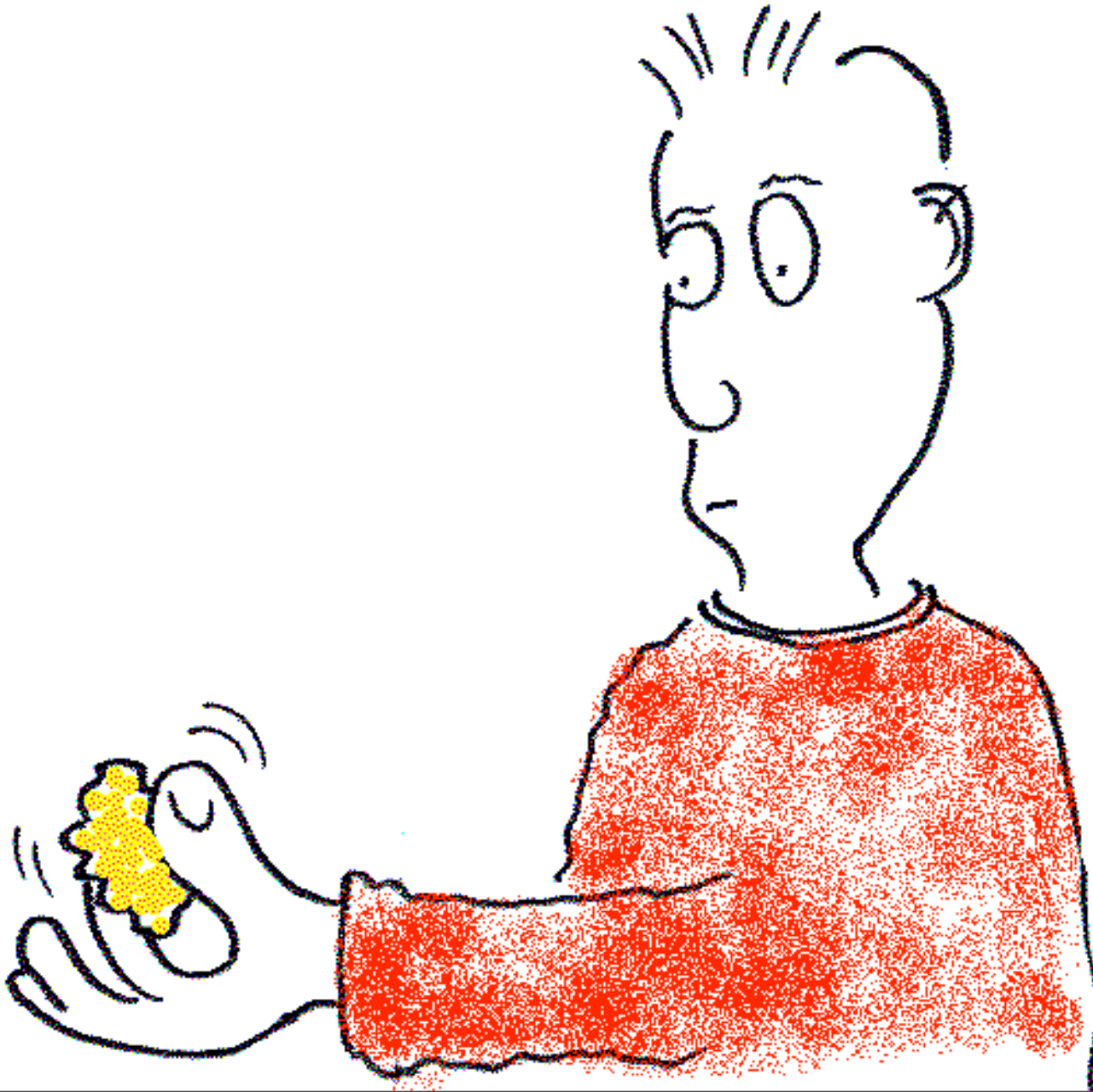
La mia barbara, aus John Dowlands (1563-1626) "a dream" >> Mausclick für Grossansicht, inkl. Hörprobe (nur Internet Explorer)





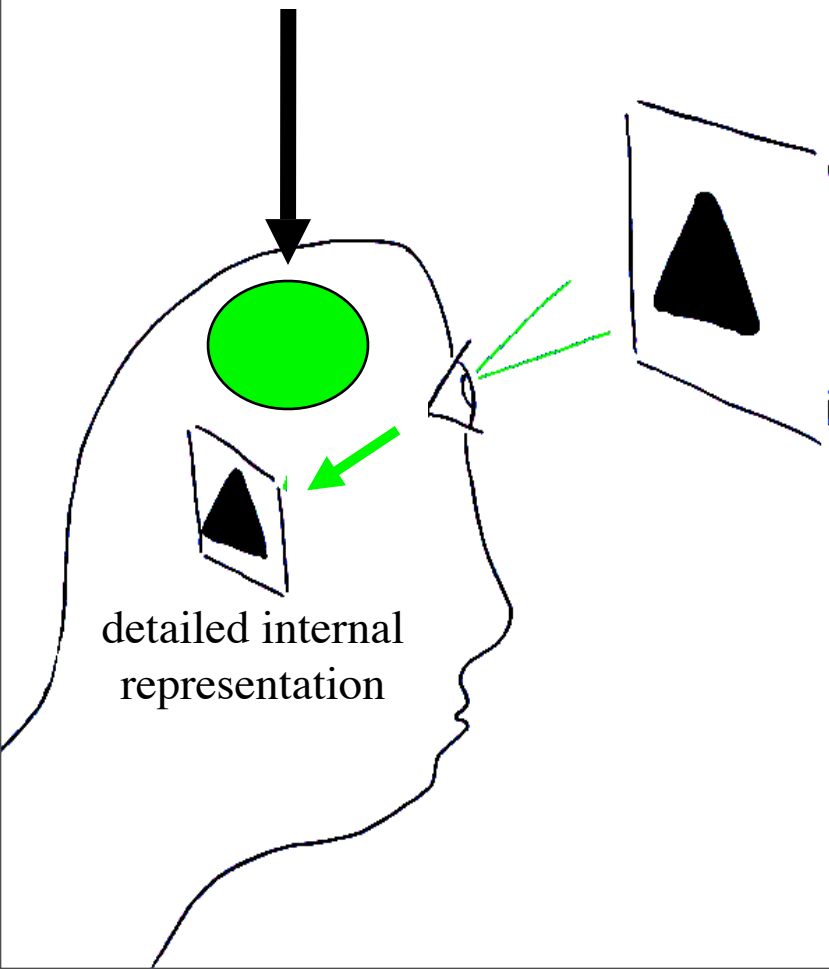


**Fühlen = eine sensomotorische Fähigkeit ausüben**



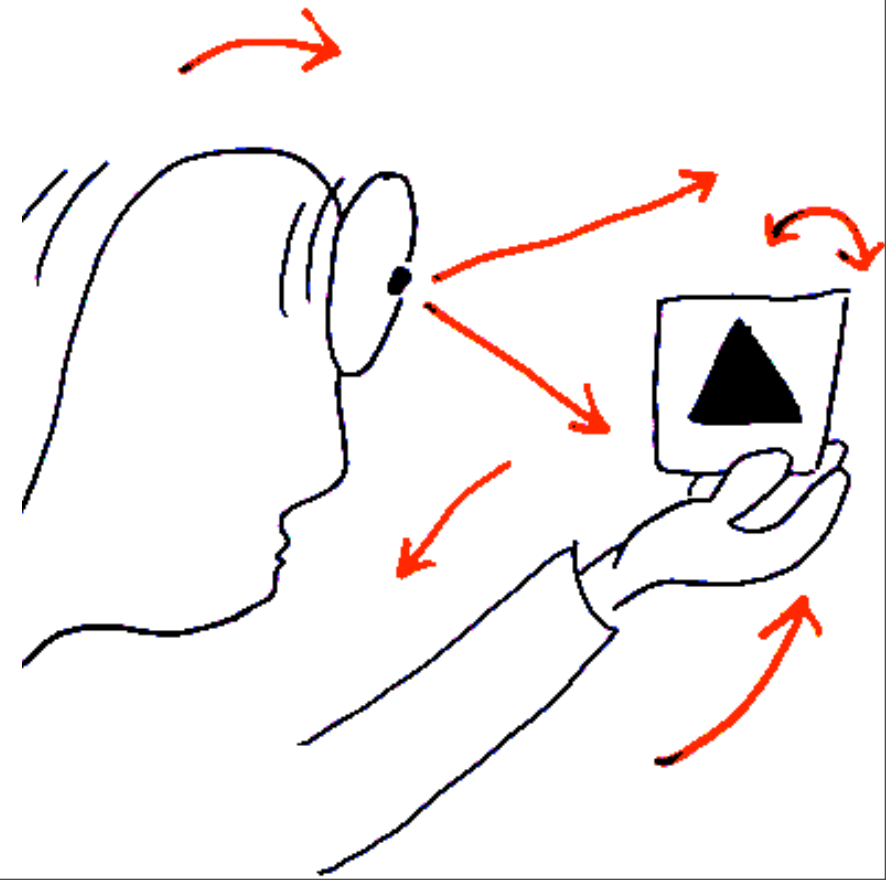
## klassische Sicht

das Gehirn erzeugt die Eindrücke

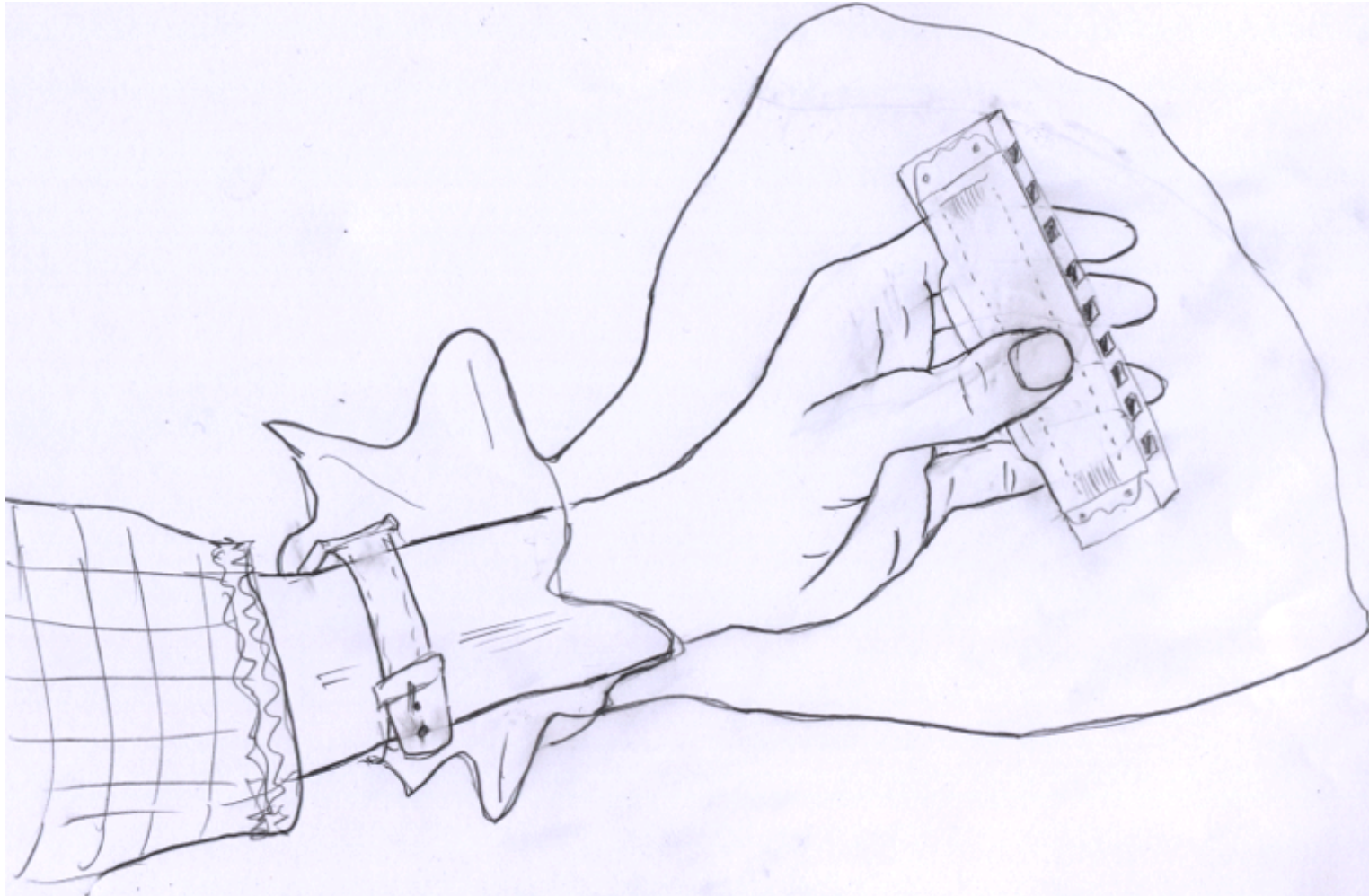


## neue Sicht

das Gehirn erzeugt das Wissen und die Aktionen



# Die Welt als externes Gedächtnis



D. M. MacKay (1962 ++)

# Sensorimotor Contingencies

(D. M. MacKay, 1956)

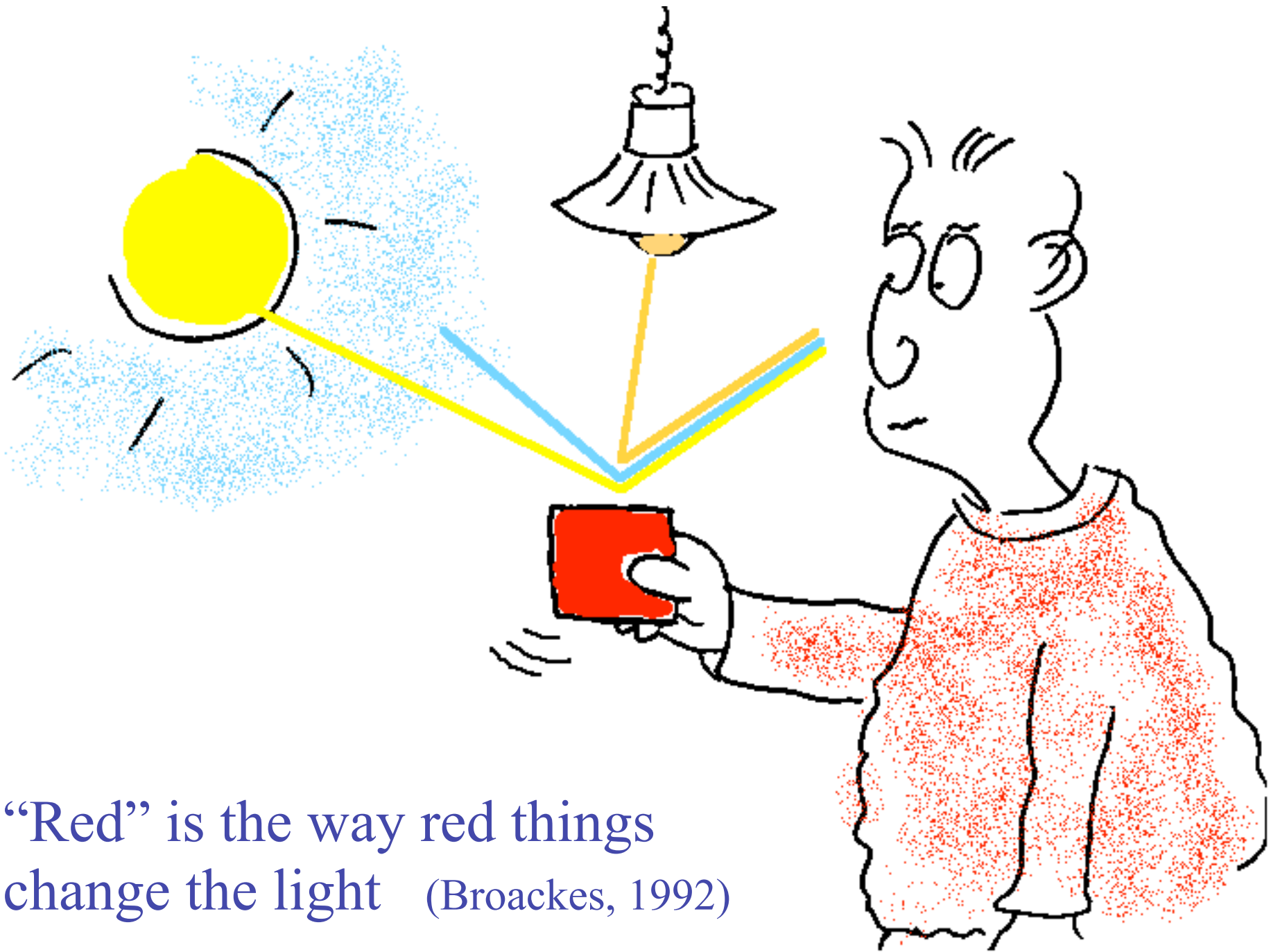
sensory input = f ( action )

# Feeling Softness

knowing that sensorimotor contingencies typical of softness are currently being obeyed.

# Seeing Red

knowing that sensorimotor contingencies typical of red are currently being obeyed.



“Red” is the way red things  
change the light (Broackes, 1992)

# Wahrnehmung

Diverse philosophische Definitionen:

- *Perception is effortless and obvious.*
- *Means by which we become aware of the world and ourselves in the world.*
- *Experience is a result of world and selves.*
- *Despite ease, complex processes involved.*



# Wahrnehmung

Psychophysischer Prozess, in dessen Verlauf ein Organismus aufgrund von äußeren und inneren Reizen eine anschauliche Repräsentation der Umwelt und des eigenen Körpers erarbeitet.

(Der Brockhaus multimedial, F. A. Brockhaus AG, 2001)

# Wahrnehmung

Der außer durch Empfindungen auch durch Gedächtnisinhalte, Interessen, Gefühle, Stimmungen, Erwartungen u.a. mitbestimmte physiopsychologische Prozess der Gewinnung und Verarbeitung von Informationen aus äußeren und inneren Reizen; die auf - meist bewusstem - Auffassen und Erkennen von Gegenständen und Vorgängen ruhende Wahrnehmung ermöglicht dem Individuum ein an seine Umwelt angepasstes Verhalten.

(Meyers Taschenlexikon, Meyers Lexikonredaktion, 1992)

# Wahrnehmung

Auf Maschinen übertragener Begriff:

Prozesse der Signalaufnahme und -verarbeitung zur Erstellung einer Repräsentation der Umwelt. Sie ermöglicht angepasstes Verhalten und Lernen.

Beispiele:

- Navigation in bekannten Umgebungen
- Kartierung unbekannter Umgebungen

# Wahrnehmung

Sehr komplexe Prozesse.

Zentraler Punkt für Maschinelle Intelligenz.

Frage: Beinhaltet direkte Sensor-Aktor-Kopplung auch Wahrnehmung?

Wahrnehmung ist wesentlicher Bestandteil im „sense-think-act“-Zyklus

Frage: Think = Wahrnehmung?

# Wahrnehmung

Ziele:

Handlungen auswählen

- Kurzfristig: Sensor-Aktor-Kopplung für unmittelbare Reaktion („stimulus-response“)
- „Verhaltensweisen“ (vgl. auch Behaviorismus)
- Langfristig: Grundlage für zielgerichtetes Handeln

Erfolg von Aktionen überwachen

Wissen über die Welt ausbauen (Lernen)

# Wahrnehmung als (Re-)Konstruktion

... einer internen Welt („Weltmodell, „Umweltmodell“)

mit Hilfe von

- (unvollständigen, unzuverlässigen, verrauschten) Sensordaten
- Annahmen/Wissen über die Umwelt
- unvollständigen Modellen

mit vernünftigem Aufwand

- bezüglich interessierender Fakten
- bezüglich Nutzen

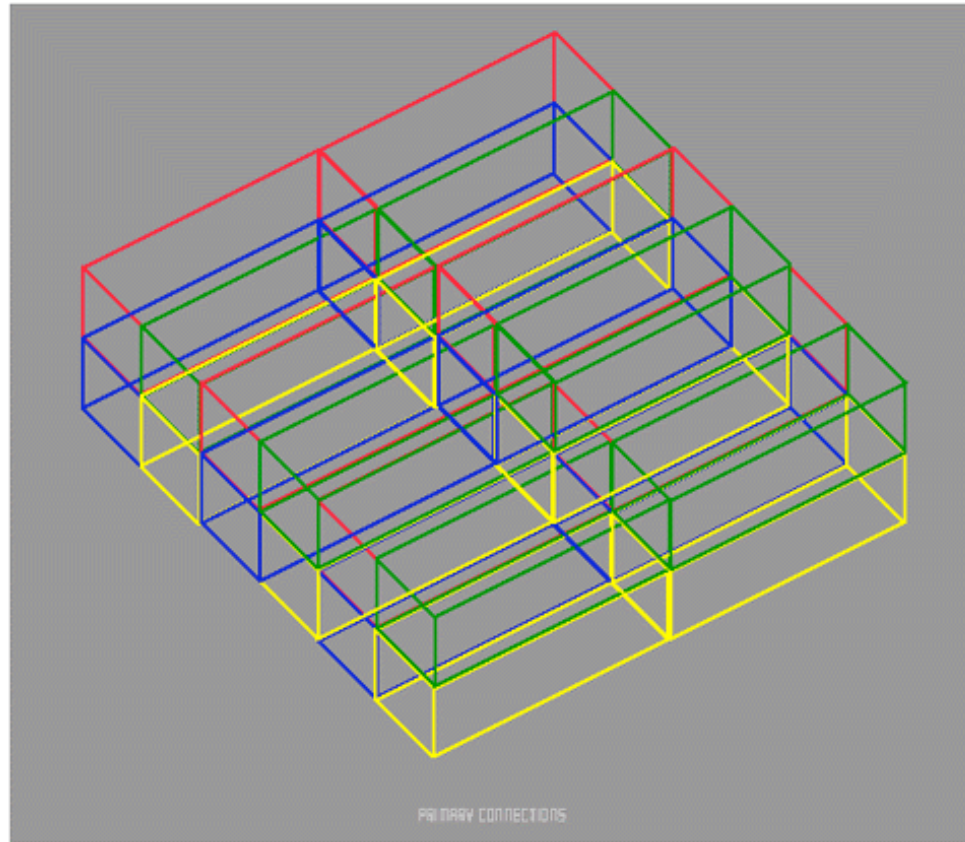
# „Rekonstruktion“ der Welt

Wieviele Fahnen sind zu sehen?



# „Rekonstruktion“ der Welt

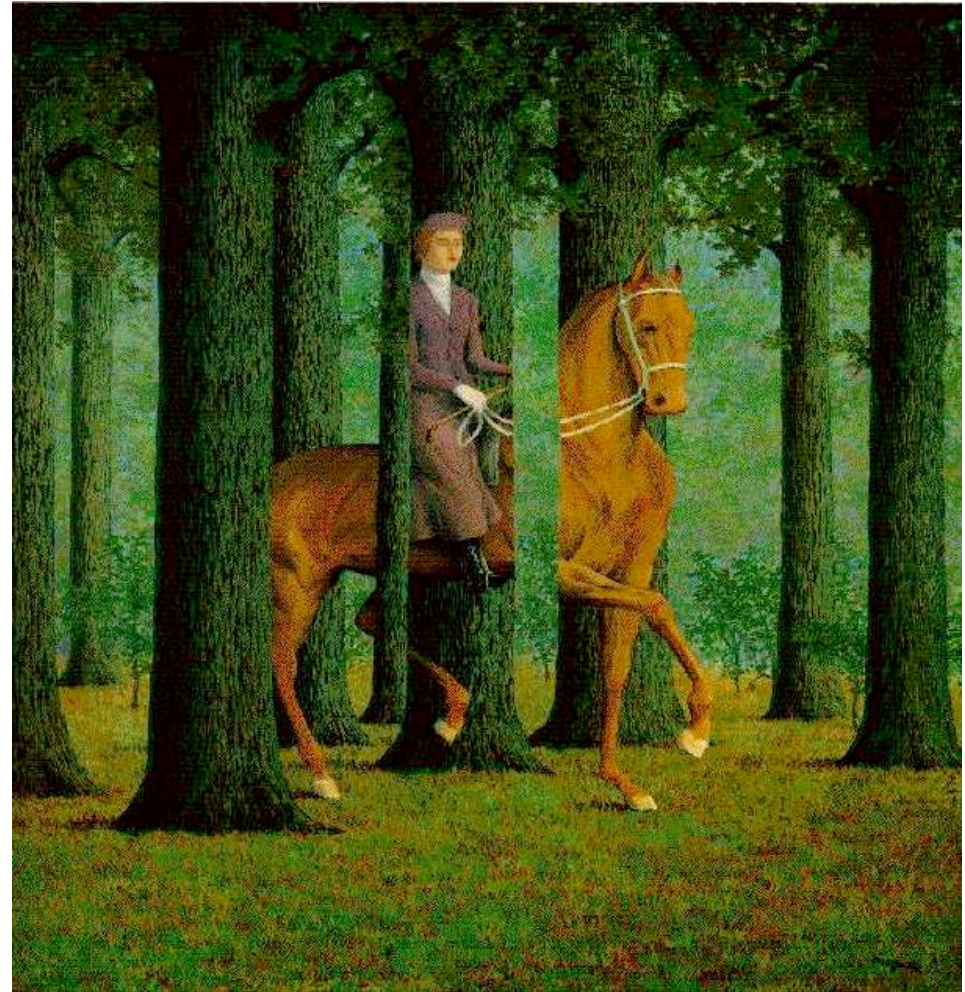
Wieviele Quader sind zu sehen?





# „Rekonstruktion“ der Welt

## Kontext-Abhängigkeit



# „Rekonstruktion“ der Welt

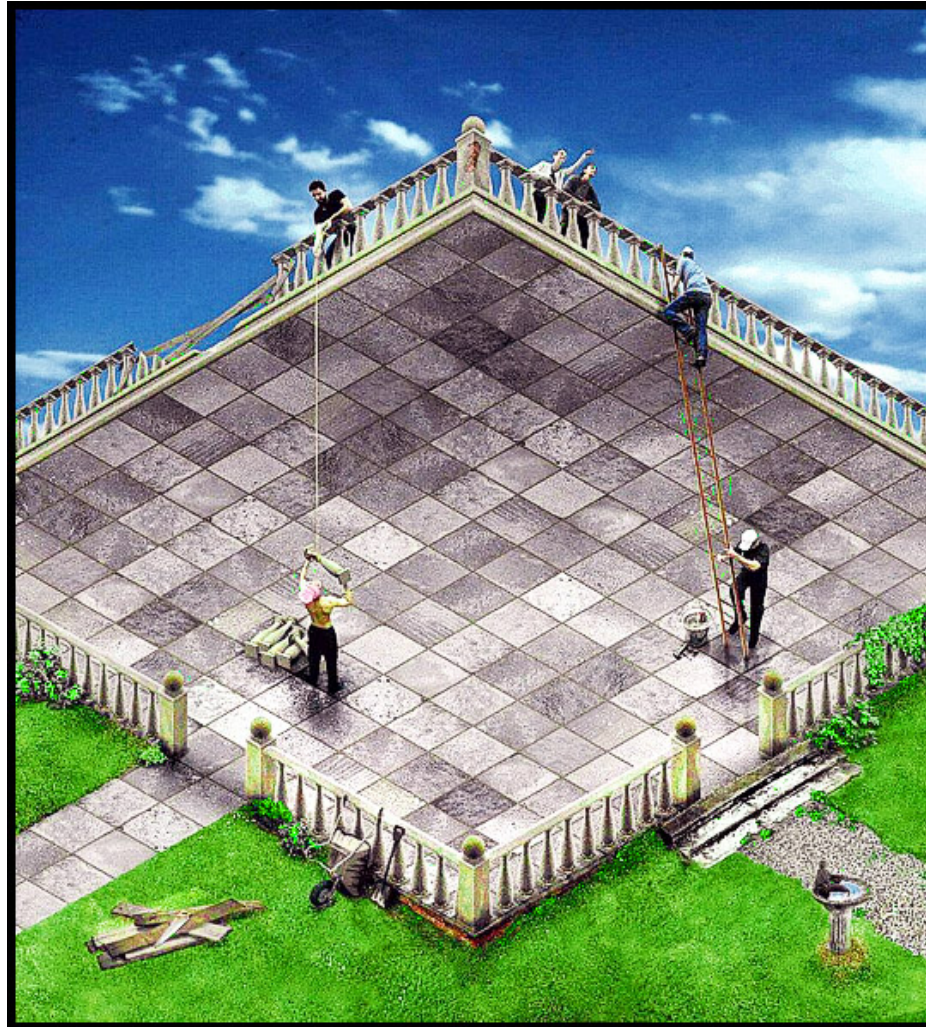
## 3D aus 2D





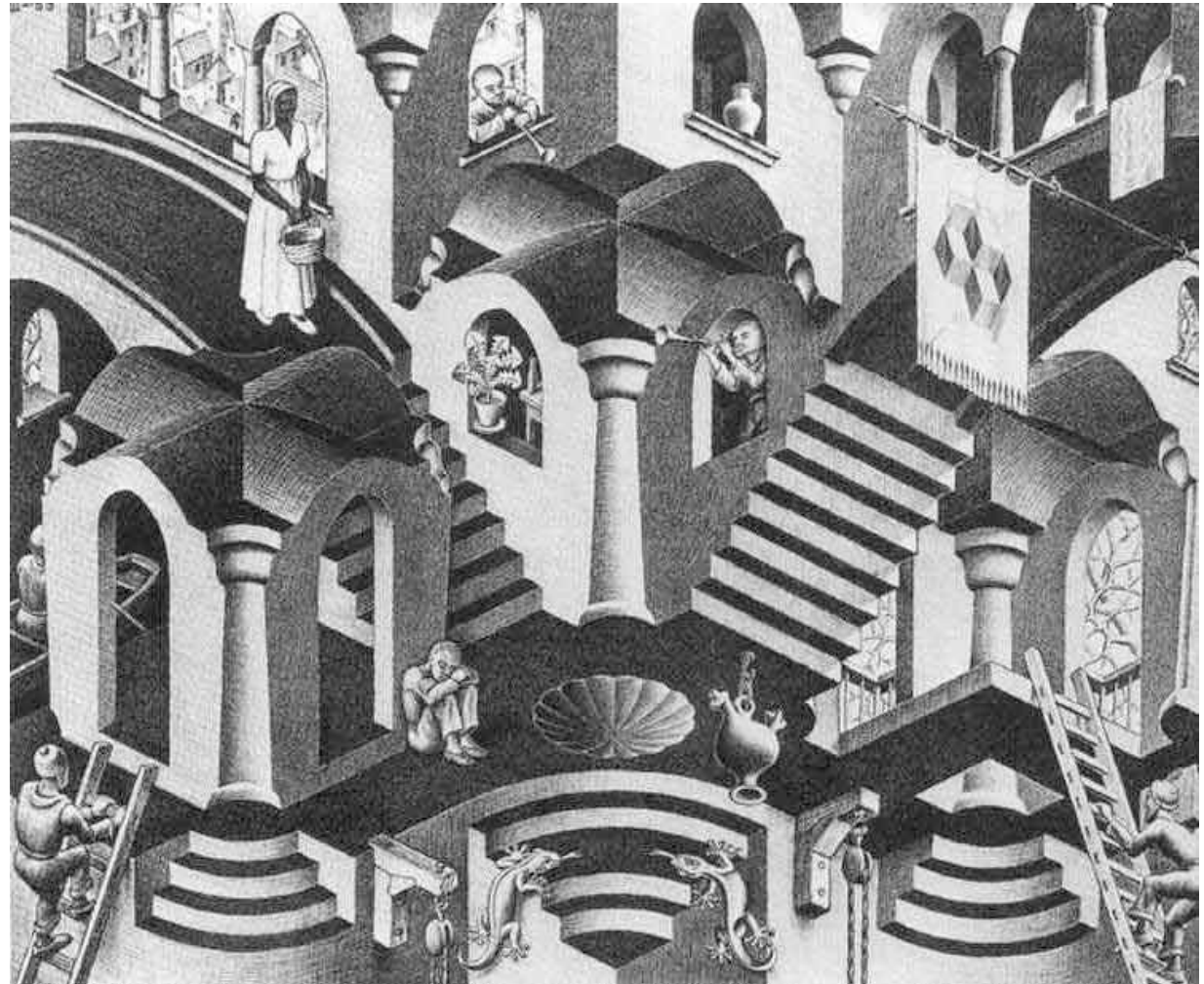
# „Rekonstruktion“ der Welt

3D aus 2D



# „Rekonstruktion“ der Welt

## 3D aus 2D



# Vorausschau

Konstruktion eines internen Weltmodells mit fiktiven Daten:

Vorausschau möglicher Entwicklungen als Grundlage für Entscheidungs-/Planungsprozesse

# Kombination von Informationen

Wahrnehmungen entstehen durch Kombination von

- Informationen aus verschiedenen Sensoren („Sensorfusion“)
- parallel empfangener Informationen
  - z.B. eines Bildes
- sequentiell empfangener Informationen
  - z.B. einer Bewegung, eines gesprochenen Satzes
- Wissen

# Hilfsmittel für die Wahrnehmung

## Hilfsmittel in der Umwelt:

- Orientierungspunkte schaffen („Landmarken“)
- Verkehrslenkungseinrichtungen
- Markierungen, Symbole
- Referenzsymbole (z.B. für Farben)

## „Interne“ Hilfsmittel:

- Karten
- Pläne
- Routen



# Wahrnehmungsprozess

## Erstellung eines Weltmodells

### Strukturierung des Prozesses:

#### vertikal:

Wahrnehmungsprozess über verschiedene Ebenen  
(Vorverarbeitung, Zwischenresultate, ...)

#### Horizontal:

Integration von Daten aus unterschiedlichen Quellen  
bzw. von Daten unterschiedlicher Art

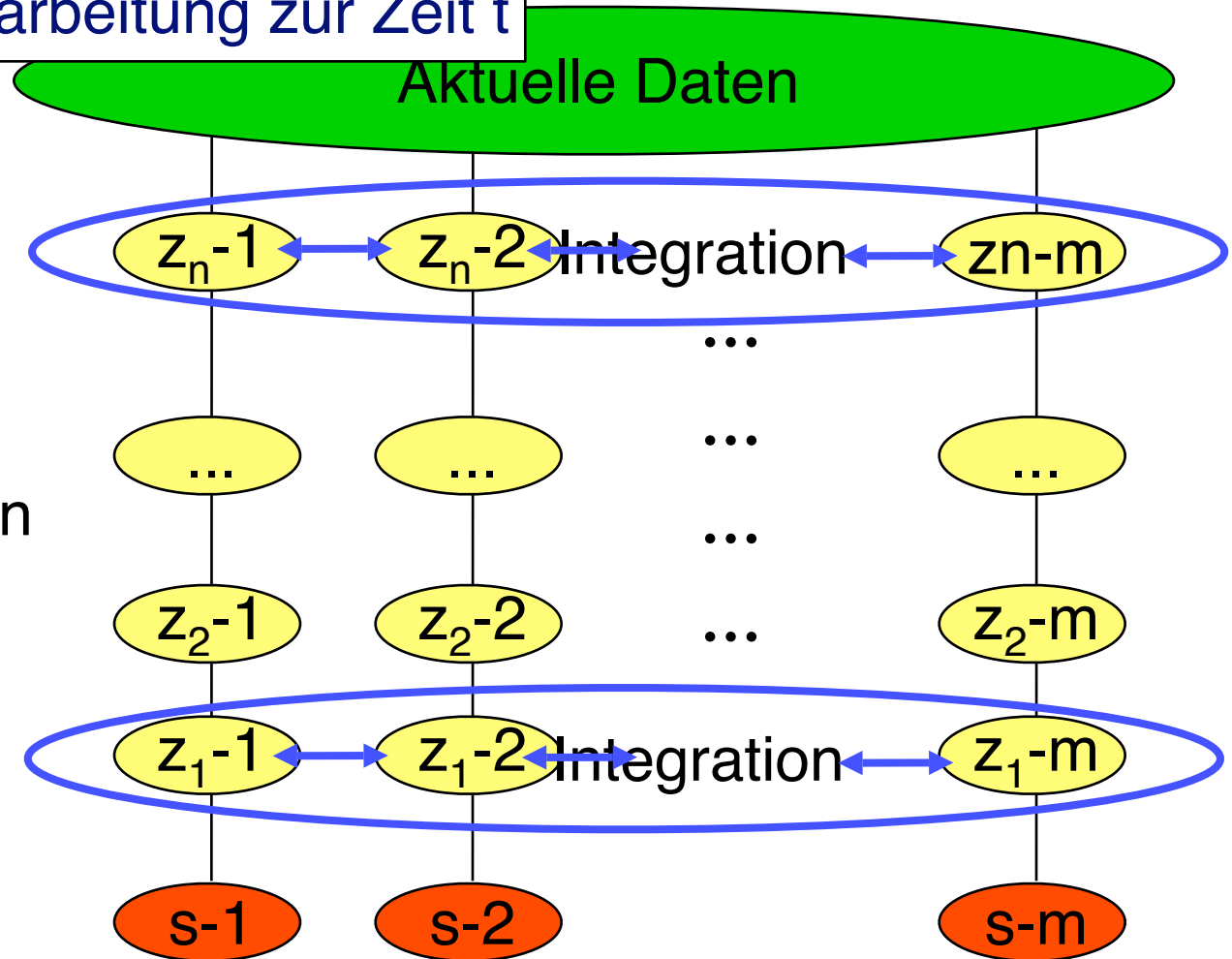
#### Zeitlich:

Integration von Daten aus unterschiedlichen Zeitpunkten



# Schema: Wahrnehmungsprozesse

Sensordatenverarbeitung zur Zeit  $t$



Zwischen-Ergebnisse auf unterschiedlichen Ebenen

Sensordaten

# Schema: Wahrnehmungsprozesse

Sensordatenverarbeitung zur Zeit  $t$

Aktuelle Daten

- Vertikal: Fortschreitende Auswertung unter Einbeziehung von Annahmen/Wissen über die Welt
- Horizontal: Verknüpfung (Fusion) der Daten aus unterschiedlichen Quellen (Sensoren)
- Weitere Verbindungen z.B. für Rückkopplungen (Korrekturen etc.)

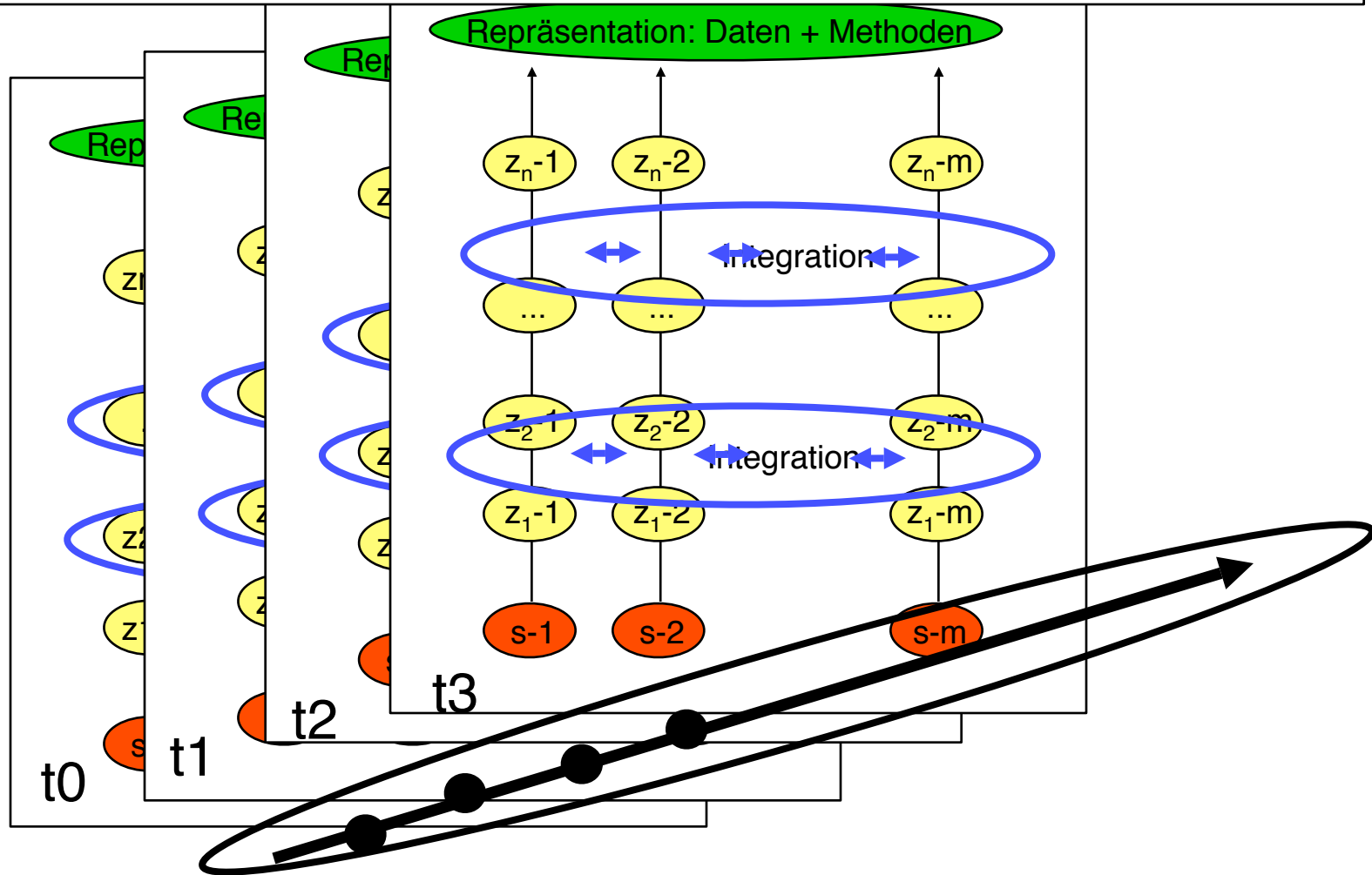
s-1

s-2

s-m

# Schema: Wahrnehmungsprozesse

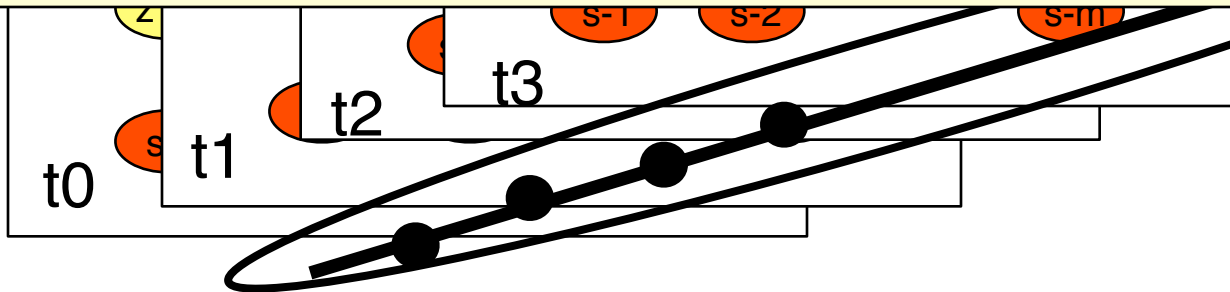
Integration von Daten aus unterschiedlichen Zeitpunkten



# Schema: Wahrnehmungsprozesse

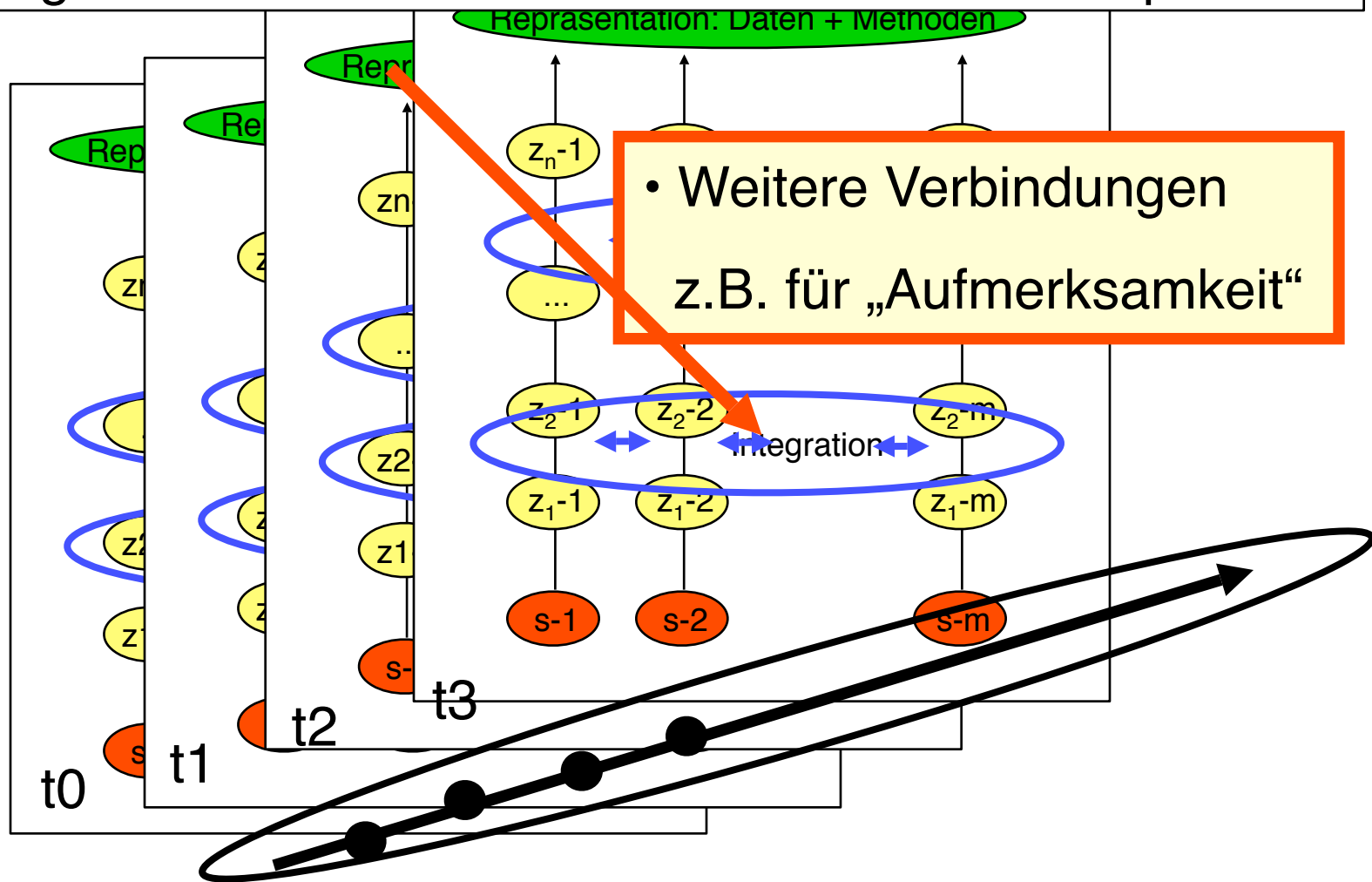
Integration von Daten aus unterschiedlichen Zeitpunkten

- Vertikal: Fortschreitende Auswertung unter Einbeziehung von Annahmen/Wissen über die Welt
- Horizontal: Verknüpfung (Fusion) der Daten aus unterschiedlichen Quellen (Sensoren)
- nach vorn: zeitliche Verknüpfung
- Weitere Verbindungen z.B. für Rückkopplungen (Korrekturen etc.)



# Schema: Wahrnehmungsprozesse

Integration von Daten aus unterschiedlichen Zeitpunkten



# Schema: Wahrnehmungsprozesse

Integration von Daten aus unterschiedlichen Zeitpunkten

- Vereinfachung der Verarbeitung z.B. durch zeitliche Integration nur auf Ebene der Weltmodelle

# Signale/Reize

- Vermitteln auf Grund ihrer Entstehung Informationen über die Umwelt.
- Werden über Sensoren/Rezeptoren aufgenommen.
- Können über Messgeräte quantifiziert werden.
- Müssen verarbeitet (interpretiert werden).
- Können in direkter Kopplung mit Aktuatoren Handlungen auslösen.

# Signale/Reize

Oft interessiert nicht das Signal selbst, auch nicht seine unmittelbare Ursache, sondern die „Botschaft“

- Nicht Schallquelle sondern Ort der Entstehung
- Nicht Lichtreflexion, sondern Ort des reflektierenden Körpers

Meist interessiert der „Zustand der Welt“ und benötigt werden geeignete Signale/Sensoren für seine Bestimmung bzw. Messung, insbesondere auch für

- Raum und räumliche Beziehungen
- Zeit und zeitliche Abläufe



# Signale: Ursachen, Erfassung, Information

...



Mikrokosmische Zusammenhänge



Bewegung von Teilchen



Wärme

⇒ Thermometer



Temperatur



Leuchten

⇒ Kamera



Objekt



Reflexion

⇒ Kamera



Szene

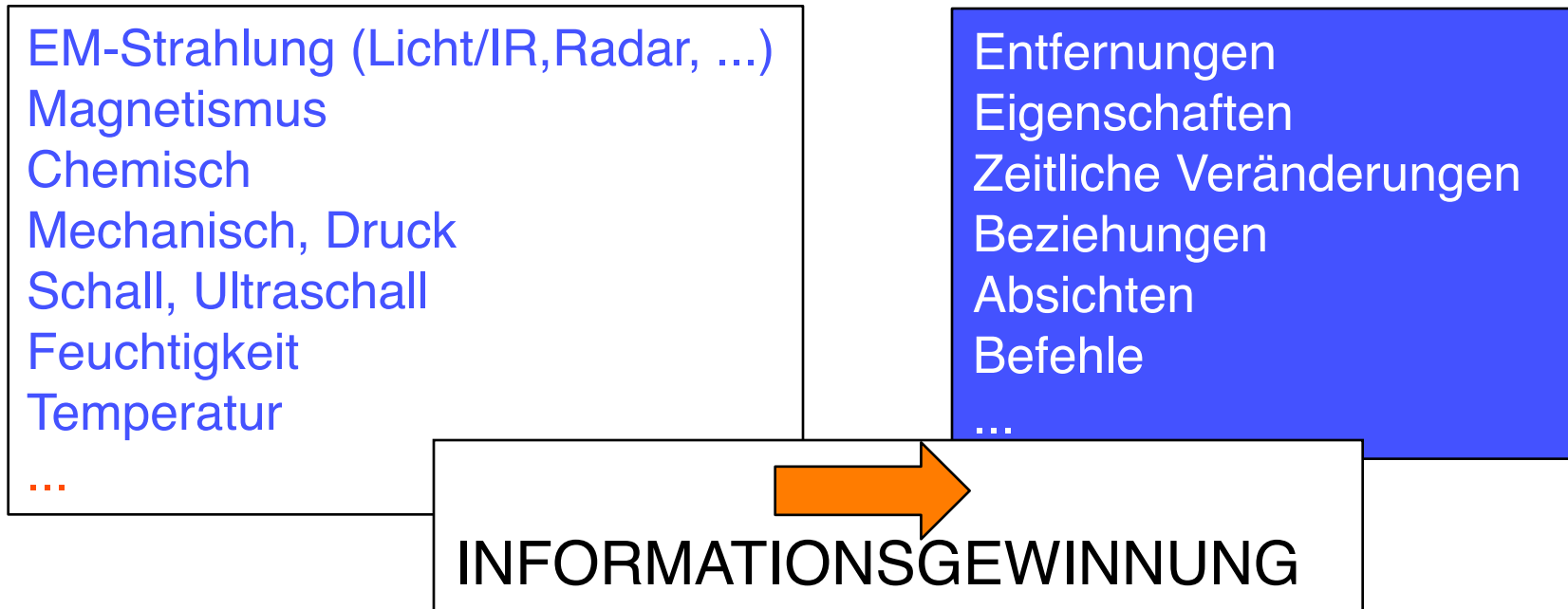
(an anderen Objekten)



# Sensoren

## Charakteristische Signale der Außen-/Innenwelt

- empfangen
- messen, in interne (elektrische) Signale umwandeln
- (interessenbedingt) interpretieren



# Sensoren

light sensors: photocells, photodiodes, phototransistors, photoelectric tubes, CCDs, Nichols radiometer

sound sensors: microphones, hydrophones, seismic sensors.

temperature sensors: thermometers, thermocouples, temperature sensitive resistors (thermistors), bi-metal thermometers and thermostats

heat sensors: bolometer, calorimeter

radiation sensors: Geiger counter, dosimeter

subatomic particle sensors: scintillometer, cloud chamber, bubble chamber

electrical resistance sensors: ohmmeter, multimeter

electrical current sensors: galvanometer, ammeter

electrical voltage sensors: leaf electroscope, voltmeter

# Sensoren

electrical power sensors: watt hour meters

magnetism sensors: magnetic compass, flux gate compass,  
magnetometer

pressure sensors: barometer, barograph, pressure gauge, air speed  
indicator, rate of climb indicator, variometer

gas/liquid flow sensors: anemometer, flow meter, gas meter, water  
meter

motion sensors: radar gun, speedometer, tachometer, odometer

orientation sensors: ring laser gyroscope

mechanical sensors: position sensor, selsyn, switch, strain gauge

proximity sensor- A type of distance sensor but less sophisticated.

distance sensor- A combination of a photocell and laser LED.

whisker sensor- A type of touch sensor and proximity sensor.

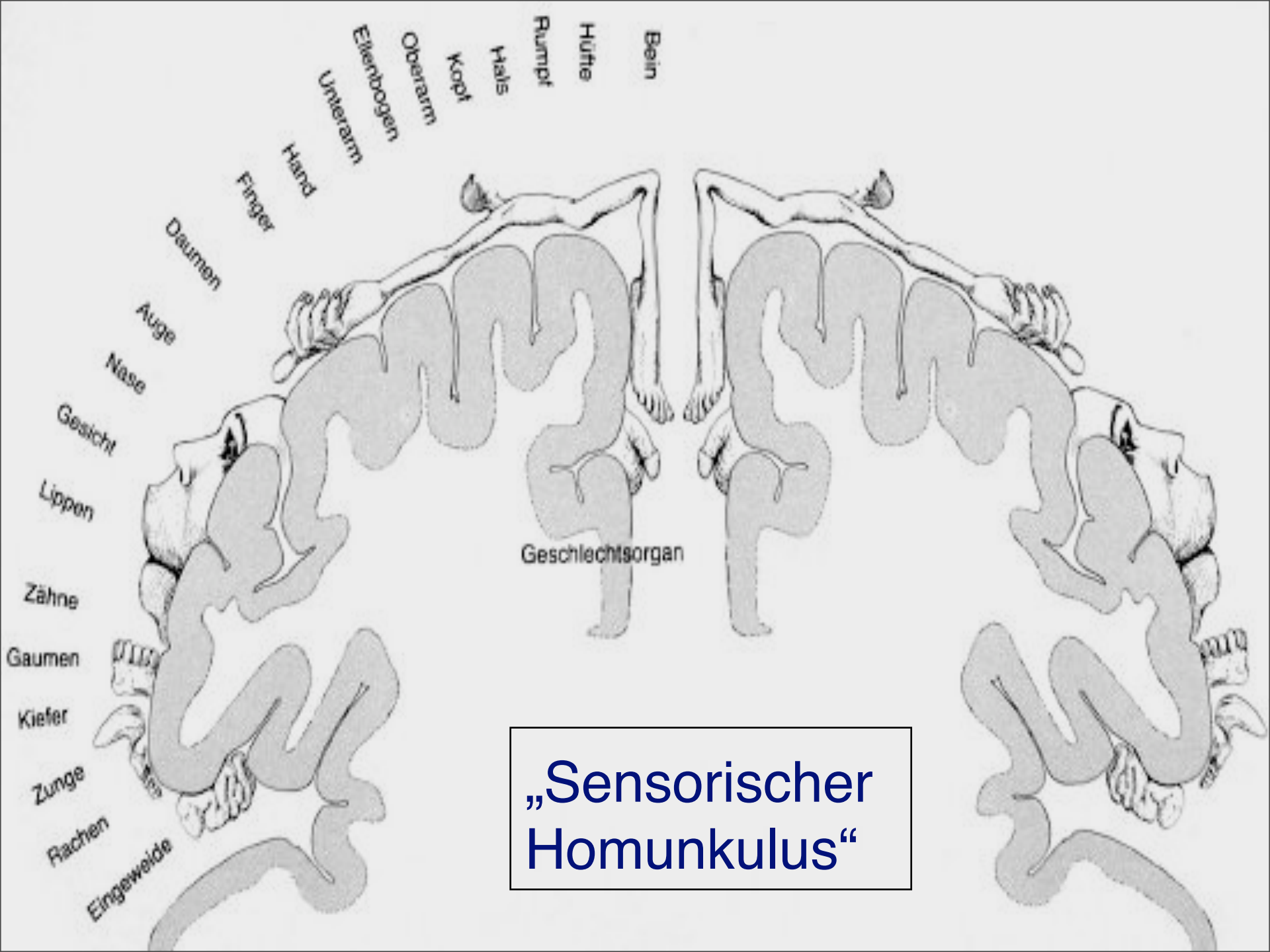
# Sensorische Fähigkeiten des Menschen

## Fünf (?) Sinne, Empfindungen

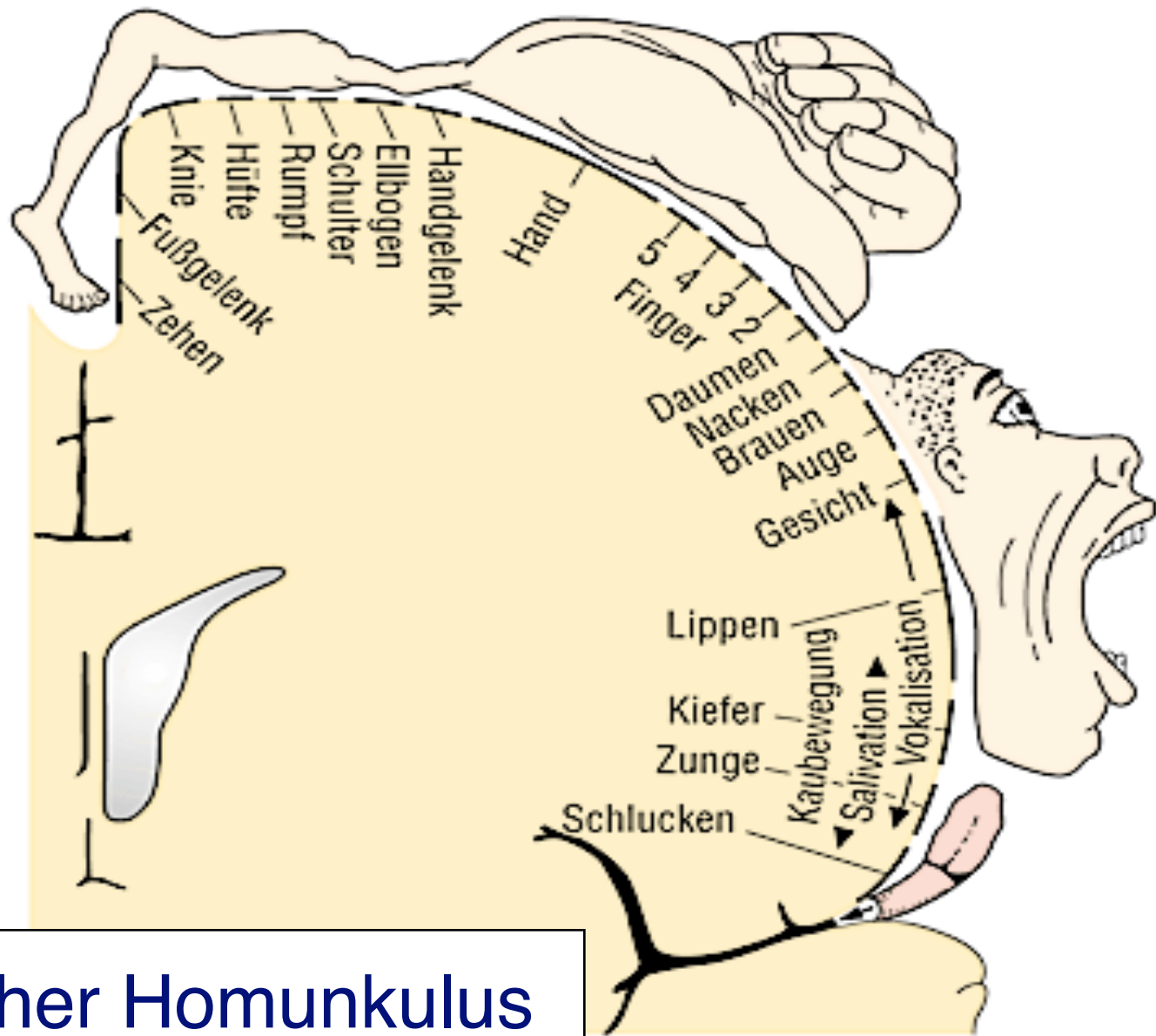
- Sehen
- Hören
- Riechen
- Schmecken
- Tasten
- Wärme
- Feuchtigkeit
- Schmerz
- Gleichgewicht
- Muskelspannung
- Hunger
- Durst
- ...

Auch aktives Erkunden:  
Provozieren von Signalen  
(Taschenlampe)

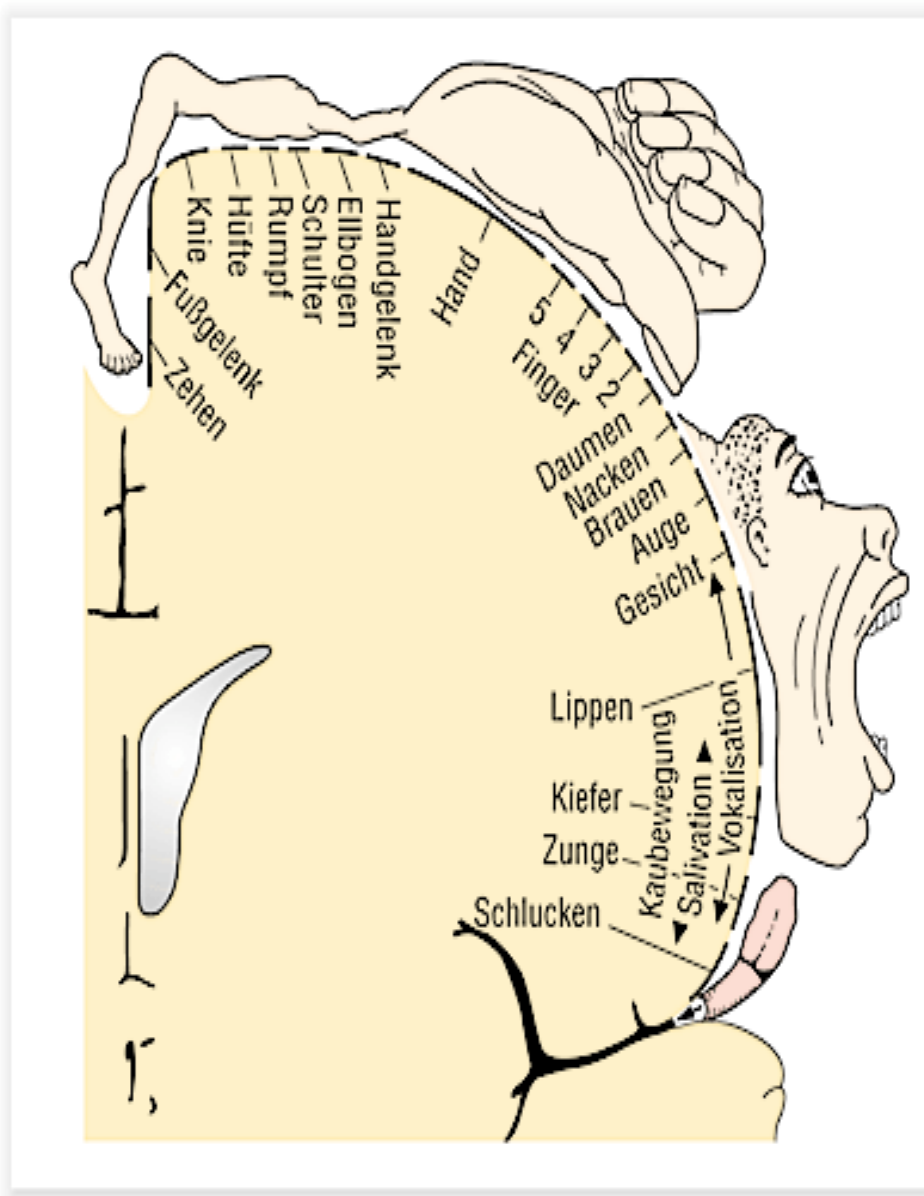
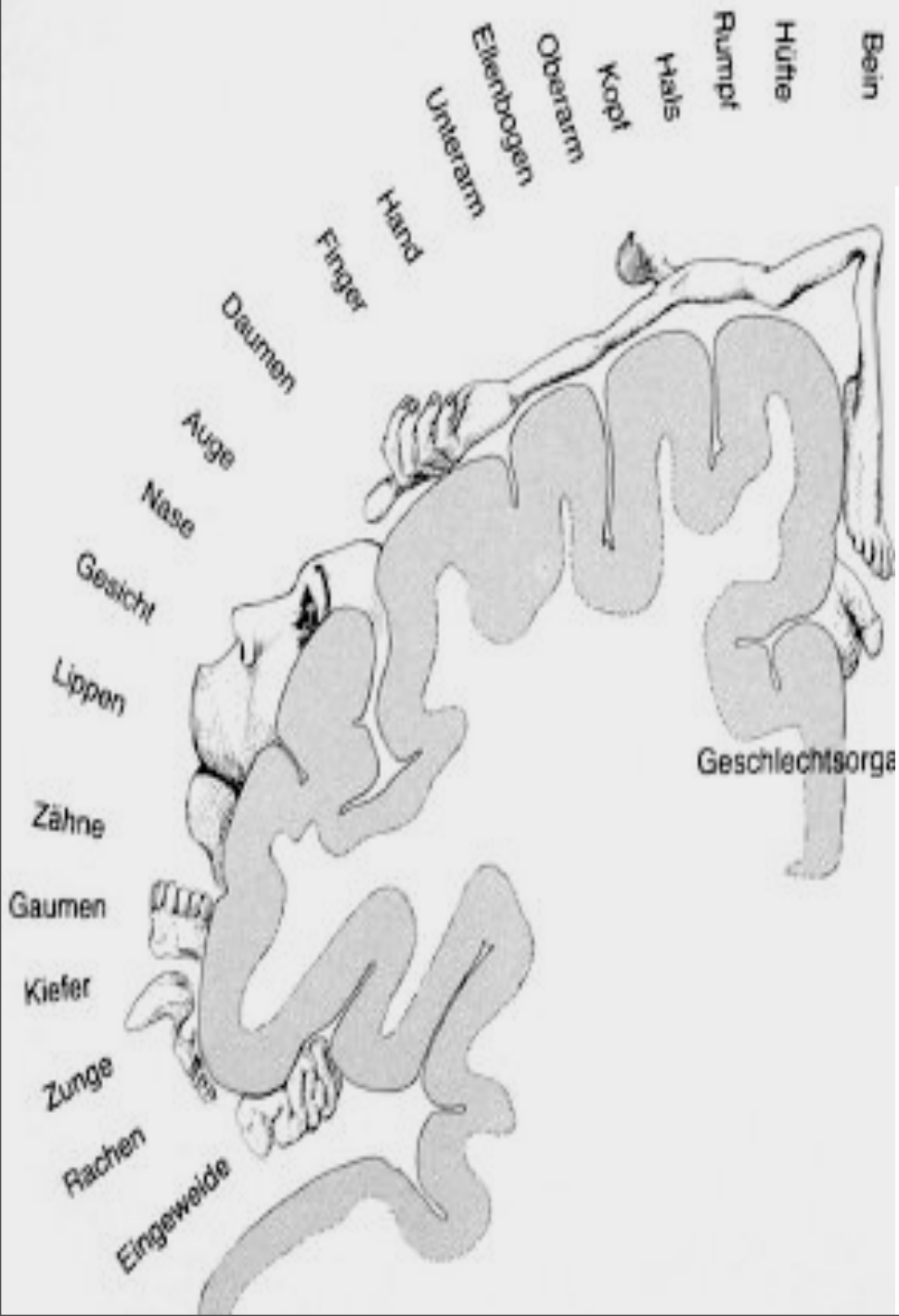
Erfassen sozialer  
Zusammenhänge



„Sensorischer Homunkulus“



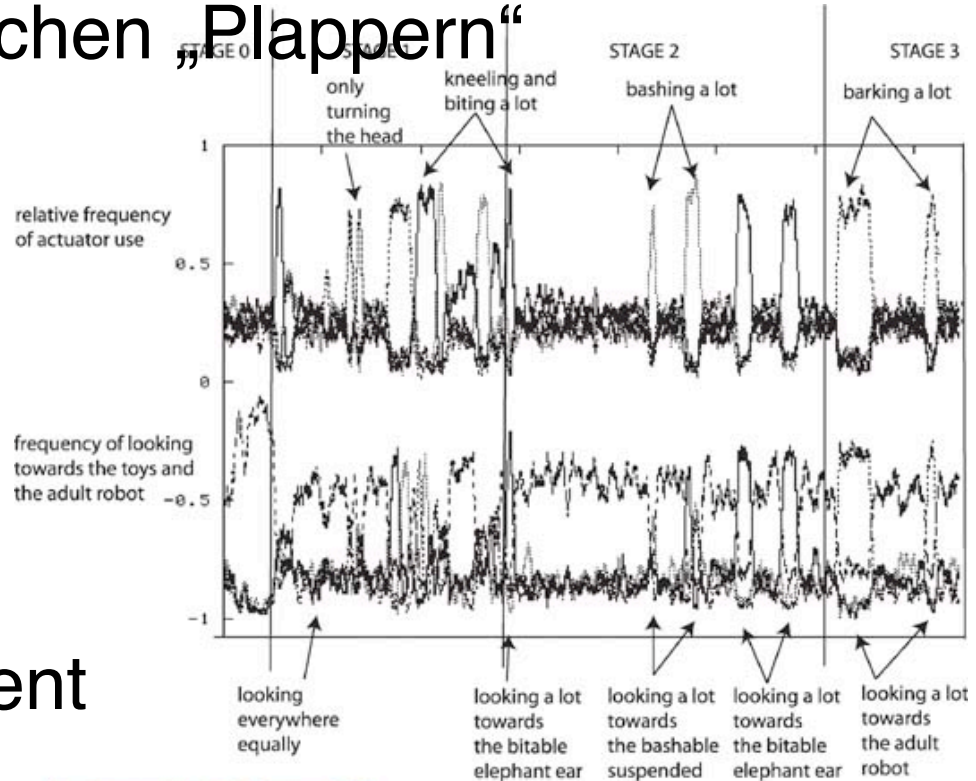
# Motorischer Homunkulus





# Body Babbling

analog zum sprachlichen „Plappern“



playground experiment

sony csl paris 2004



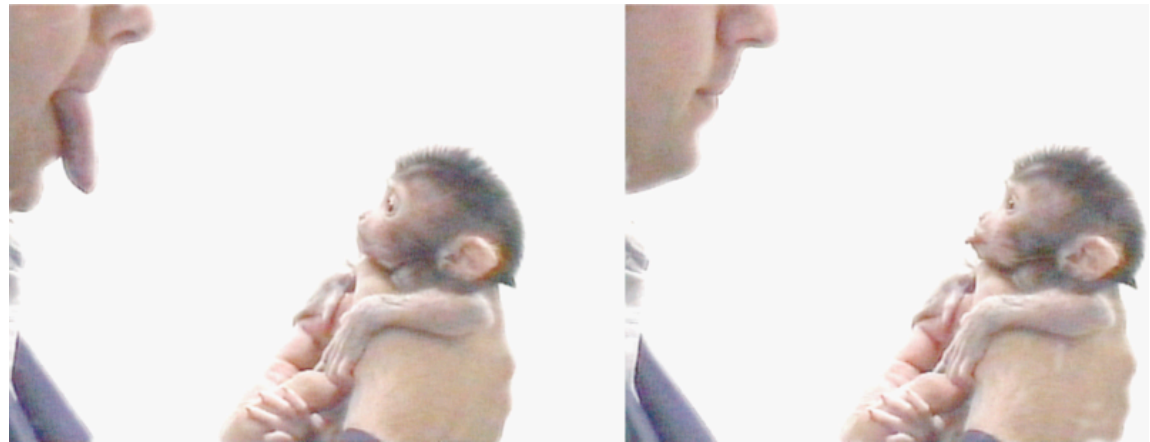
- biting ———
- bashing ..... (dotted)
- barking ..... (dotted)
- just looking ..... (dotted)
- seeing no object ..... (dotted)
- seeing object 1 ..... (dotted)
- seeing object 2 ..... (dotted)
- seeing object 3 ..... (dotted)
- successful bite ..... (dotted)
- successful bash ..... (dotted)

# Body Babbling

siehe auch Imitationsexperimente

(z.B. Dautenhahn, Dimiris)

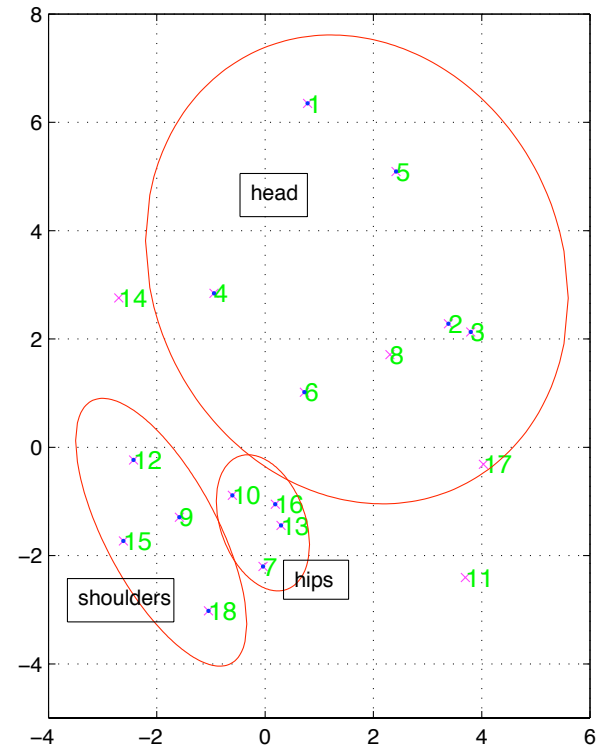
und Spiegelneuronen (Rizzolatti, Gallese)



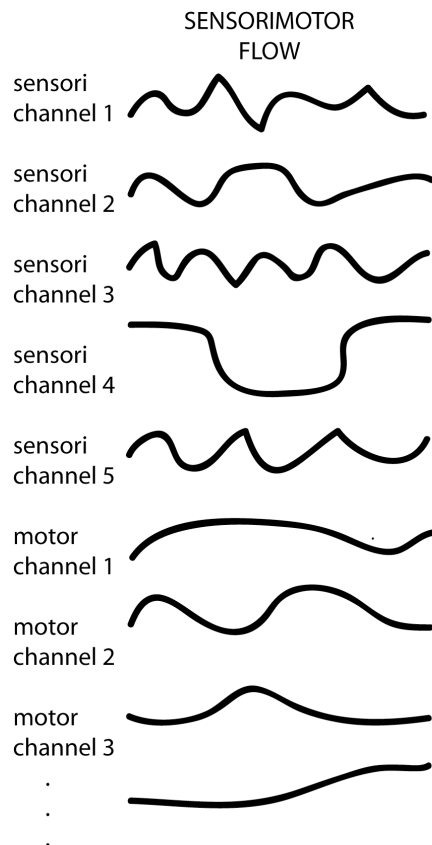
# Body maps

Body and Behaviour  
Maps from Sensorimotor  
Data

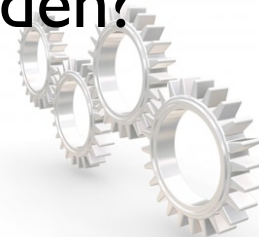
(Kaplan & Hafner 2005)



# Sensomotorischer Fluss

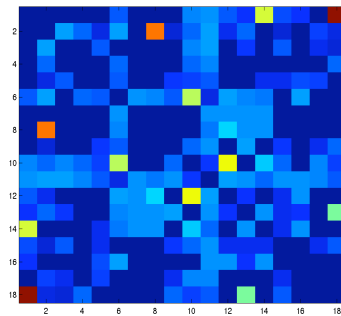


Wie kann aus diesen Daten eine Repräsentation des Körpers und des Verhaltens gewonnen werden?

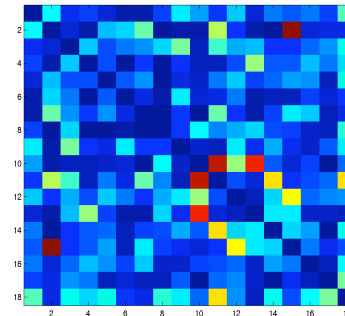


# Distanz-Matrizen

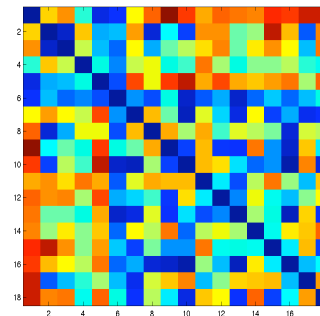
1-10



1-100



1-1000

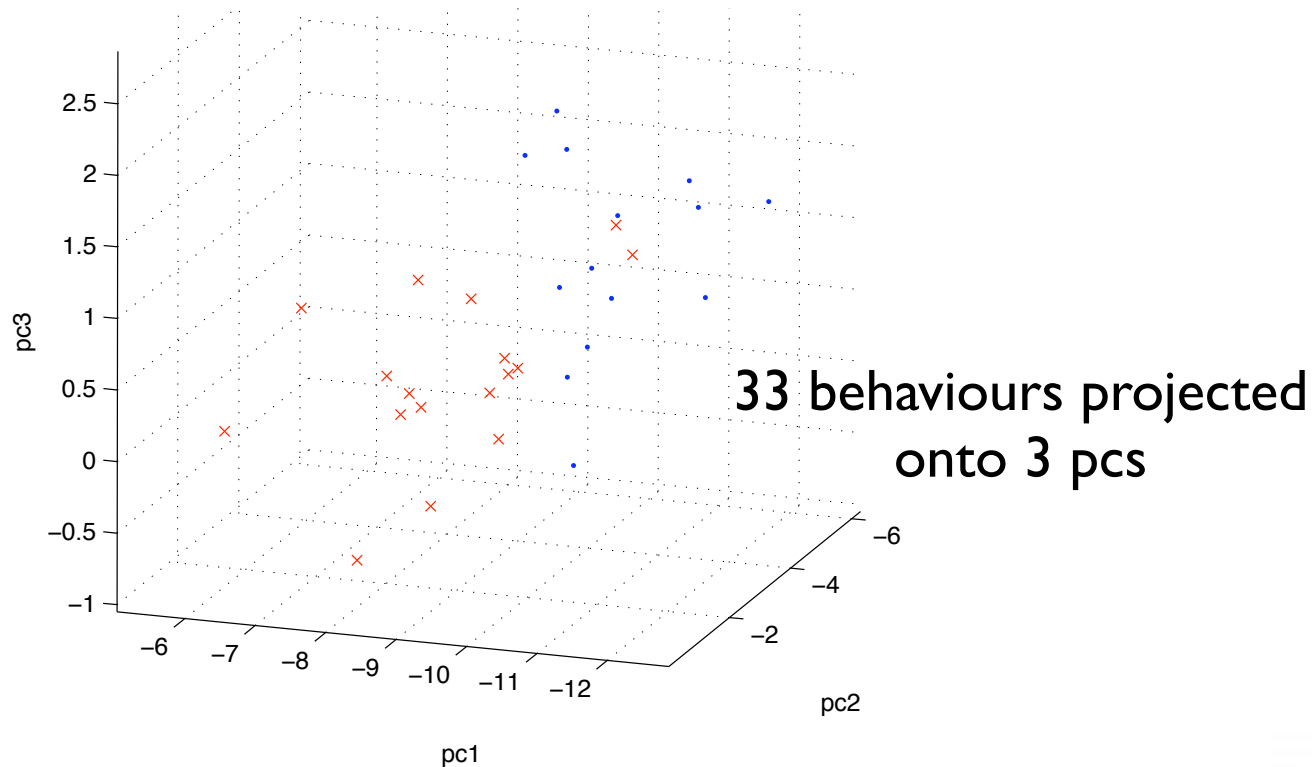


18x18 matrices for different time frames

Informationsdistanz zwischen Sensorpaaren



# Behaviour Classification



walking vs. non-walking behaviours



# Interpersonal Maps

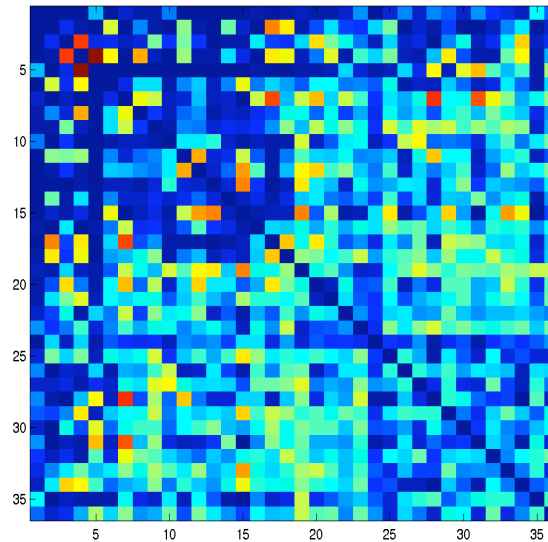


Temporäre Repräsentation  
für Interaktionsverhalten

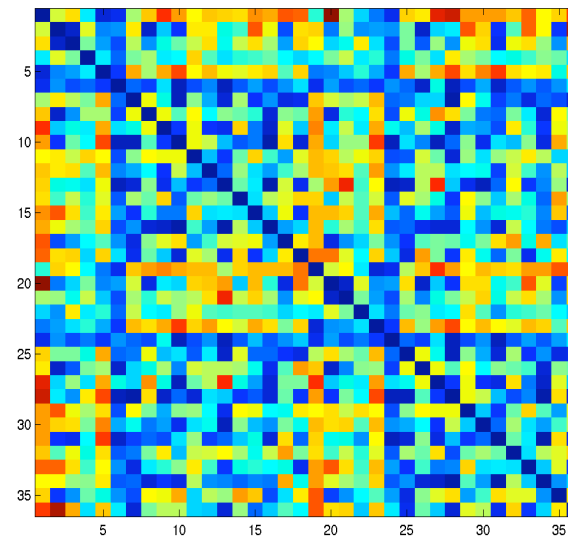




# Informations-Distanz Matrizen



Keine Imitation



Imitation (Delay 0.5s)





# Kommunikation

## Sender (Aktorik):

- Erzeugen von Signalen mit dem Ziel eine Zustandsänderung beim Empfänger zu bewirken (Botschaft überbringen/Handlung hervorrufen)

## Empfänger (Sensorik, Wahrnehmung):

- Interpretation empfangener Signale mit dem Ziel die Absicht des Senders zu verstehen

# Wahrnehmungsprozess

Wie gelingt es, einen Tisch aus unterschiedlicher Perspektive zu erkennen?

Wie gelingt es den Tisch wahrzunehmen, obwohl er kaum zu sehen ist?



Wie machen das natürliche Intelligenzen?

Wie kann man das auf einer Maschine realisieren?

# Unterschiedliche Perspektive



# Unterschiedliche Formen



V  
W

8/09  
Kognit  
wahrnehmung-1

# Affordance Theory



James J. Gibson



Sitting affordance  
(artwork by Mark Jenkins)



# Partielle Sichtbarkeit



Robot



# Wahrnehmungsprozess

Aufnahme von Signalen mit verschiedenen Sensoren

Vorverarbeitungsschritte:

- Umformung
- Verstärkung/Selektion

Identifikation relevanter/interessanter Information

Integration von Informationen

Interpretation

# Wahrnehmungsprozess

Die einzelnen Informationen sind

- unzuverlässig
- unvollständig

Ihre Integration zu Wahrnehmungen erfordert

- Auswahl
- Ergänzung
- Veränderung

Sinnestäuschungen (speziell optische Illusionen) weisen darauf hin



# Integration zu Wahrnehmungen

Beispiel: Erfassen räumlicher Beziehungen

- Verdeckung
- Bewegung
- Licht/Schatten
- Absolute Größe (Größe im Bild)
- Relative Größe (Vergleich zu anderen Objekten)
- Stereo-Sehen
- Andere Sinne: Schall, Geruch, Temperatur, ...
- Maschinell: Abstandsmessung (Laser, Sonar,...)

# Kontext-Abhängigkeit



13

# Kontext-Abhängigkeit

A B C

12 B 14

B

# Integration zu Wahrnehmungen

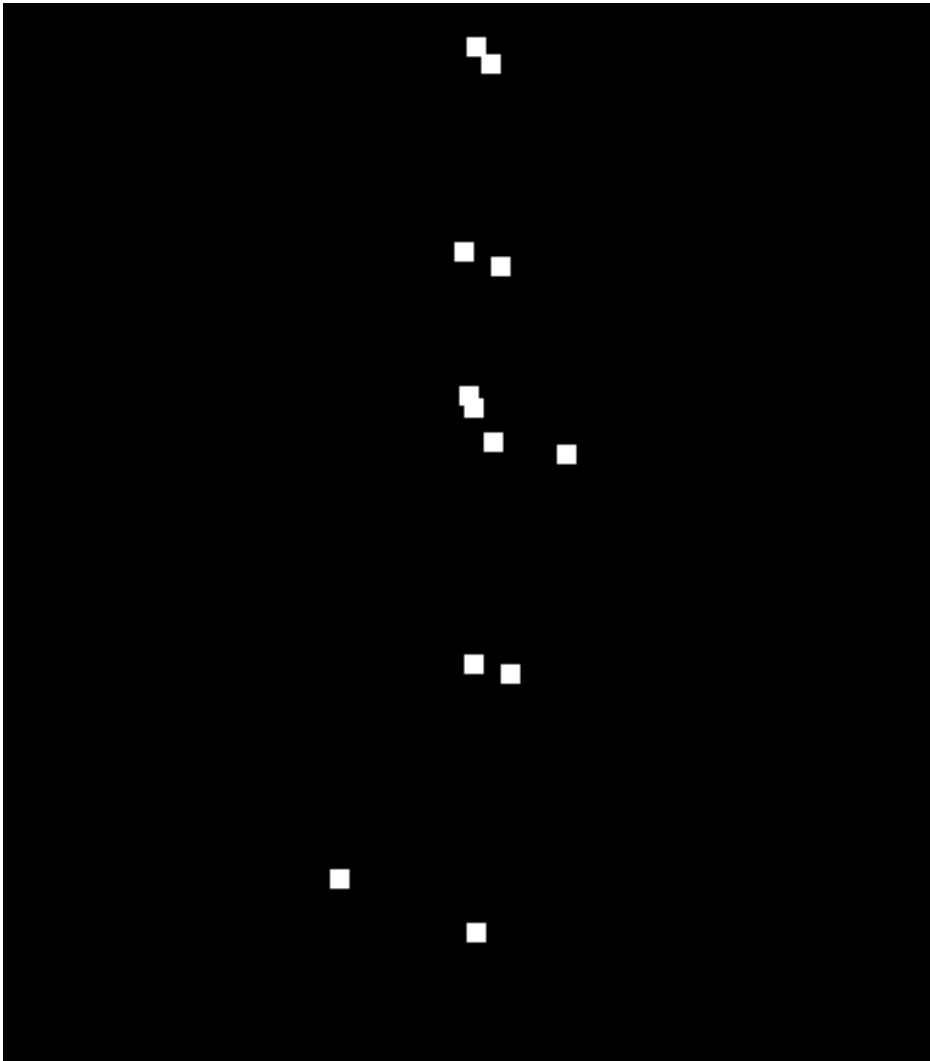
Durch Bewegung werden Objekte sichtbar

Im maschinellen Sehen:

- Stereosehen durch bewegte Kamera



# Lichtpunktläufer

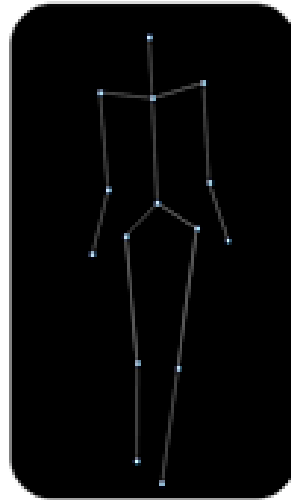
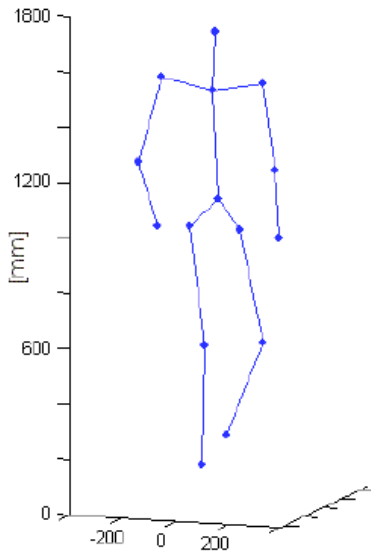


Dynamische  
Formwahrnehmung:

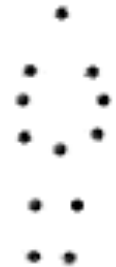
Geschlecht, Gewicht,  
Handlung, Stimmung(!)

(Lappe, Uni Münster)  
(Troje, Kingston, Kanada)

# Human Walking



- Male / female
- Heavy / light
- Sad / happy



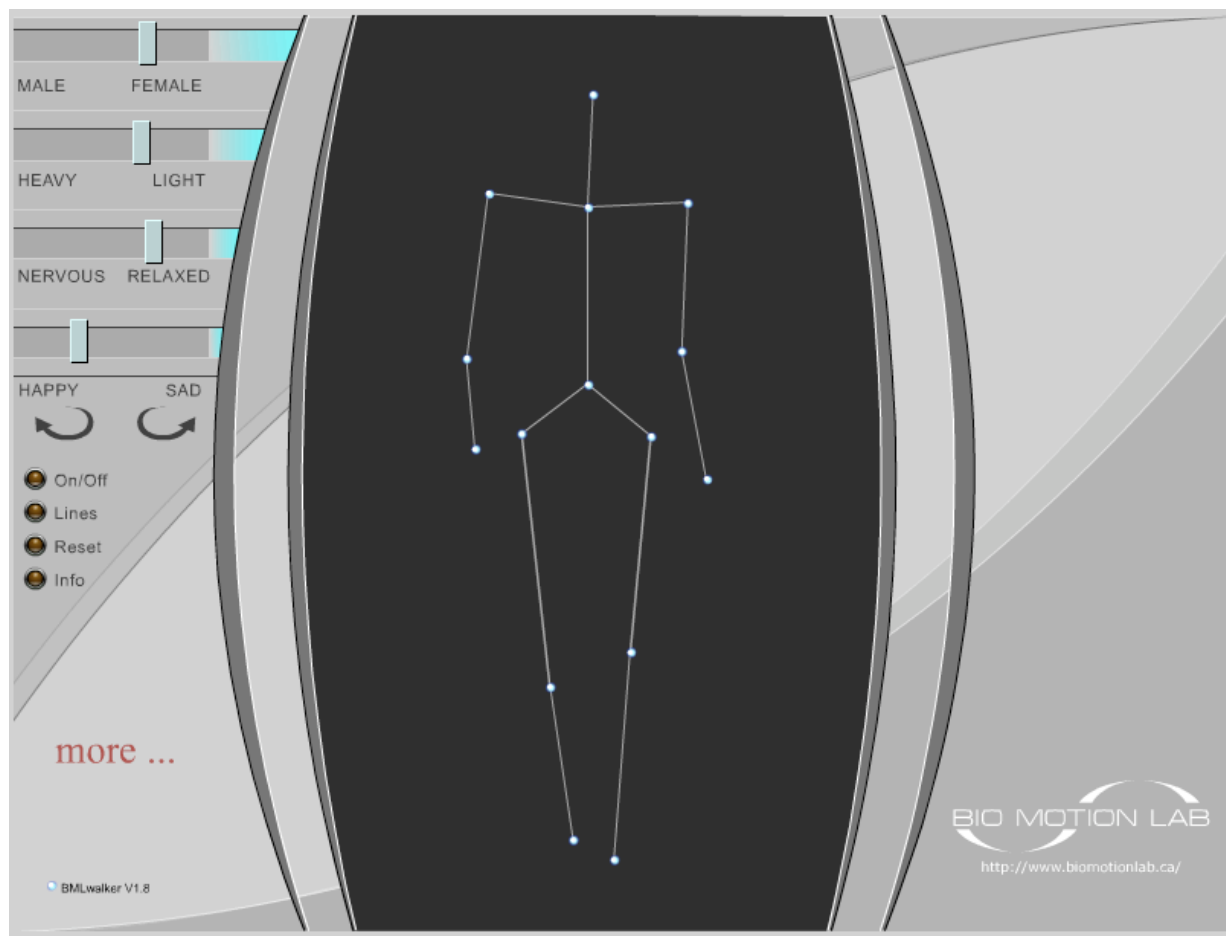
Inspiration: Point Light Walker [Troje, 2002]





# Point-Light Walkers

sex  
weight  
state  
mood



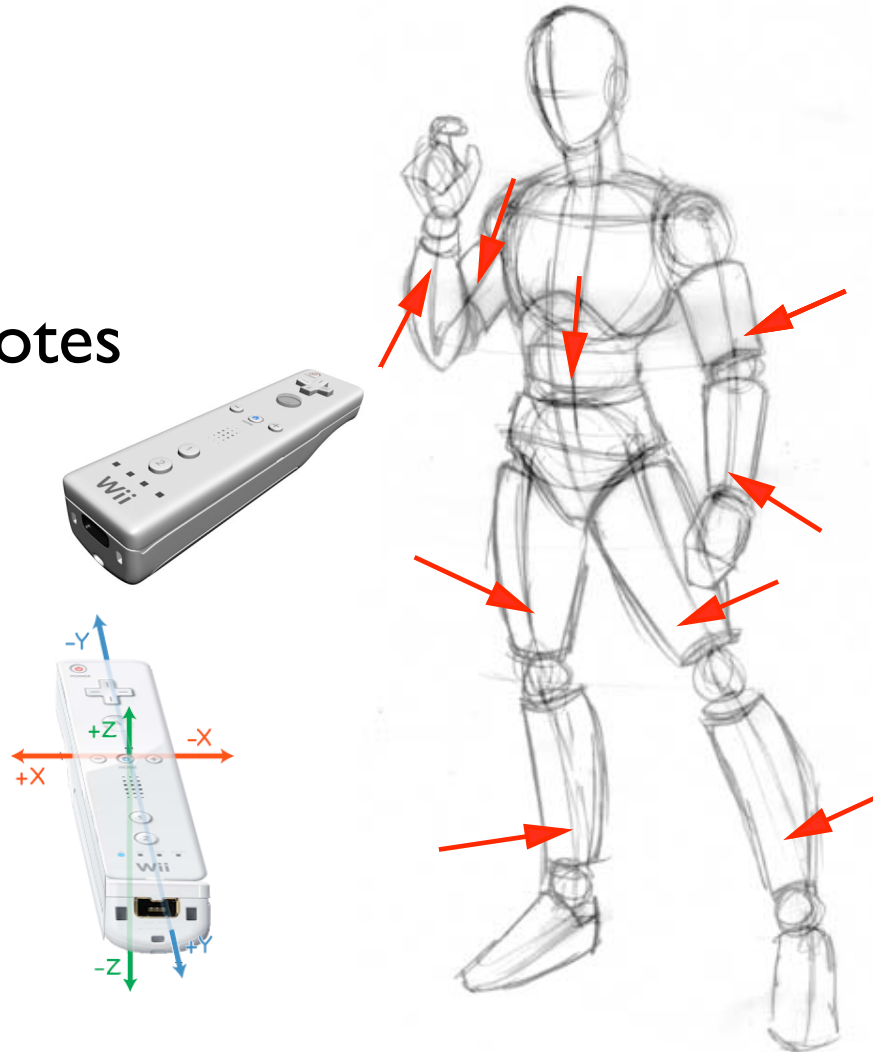
N. Troje, Bio Motion Lab

Verena V. Hafner 2008, HU Berlin



# Sensors and their Positions

- 9 WiiMotes
- 100 Hz
- 3 axes





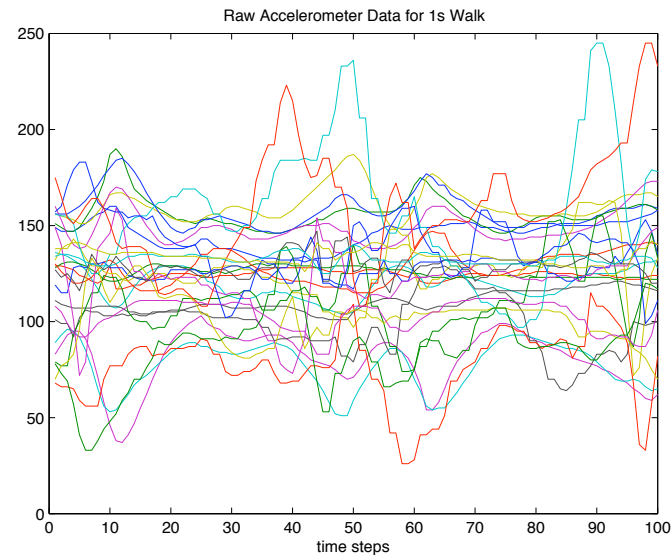
# Data recording



Verena V. Hafner 2008, HU Berlin



# Wiimote Experiments



9 Wiimotes = 27 data streams (100 Hz)



# Wiimote Experiments

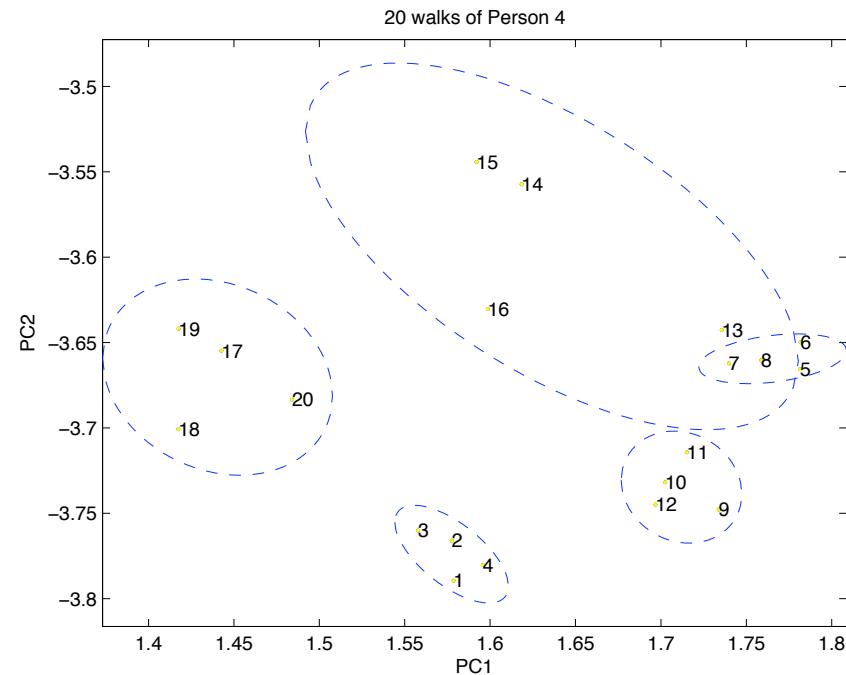
**Goal 1:** Recognition of different gaits, persons and even emotional states using accelerometer-based data

**Goal 2:** Creating body maps for single and interaction behaviour



# Gait Recognition

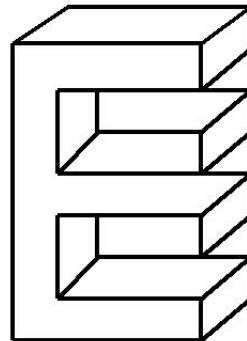
- Verhaltens-clustering mit Informationsdistanzmatrizer
- 1 Person
- 4 x 5 walking gaits (3s)



# Wahrnehmungsprozess

Rückkopplungen zwischen den einzelnen Prozess-Schritten  
Diskrepanzen in der Weiterverarbeitung führen zu erneuter  
Auswertung

Messung verlängerter Verarbeitungszeiten im Gehirn bei  
inkonsistenten Zwischen-Ergebnissen



# Maschinelle Wahrnehmungsprozesse

## Mehrstufige Verarbeitung

- Signalaufnahme
- Vorverarbeitung (z.B. Rauschunterdrückung)
- Einfache Muster identifizieren
- Kombination zu komplexeren Objekten
- Beziehungen zwischen Objekten
- Interpretation

# Maschinelle Wahrnehmungsprozesse

## Bildverarbeitung

Signale

Vorverarbeitung

Muster

Objekte

Beziehungen

Interpretation

Kamera

Filterung

Linien, Formen, Figuren

Gegenstände

Nachbarschaften

Szene

# Maschinelle Wahrnehmungsprozesse

## Sprachverarbeitung

Signale

Vorverarbeitung

Muster

Objekte

Beziehungen

Interpretation

Mikrophon

Filterung

Laute, Silben

Wörter

Sätze, Text

Botschaft



# Geschwindigkeit und Parallelität

Natur:

„langsame“ Prozessoren

Hochgradig parallel

Maschine (Computer)

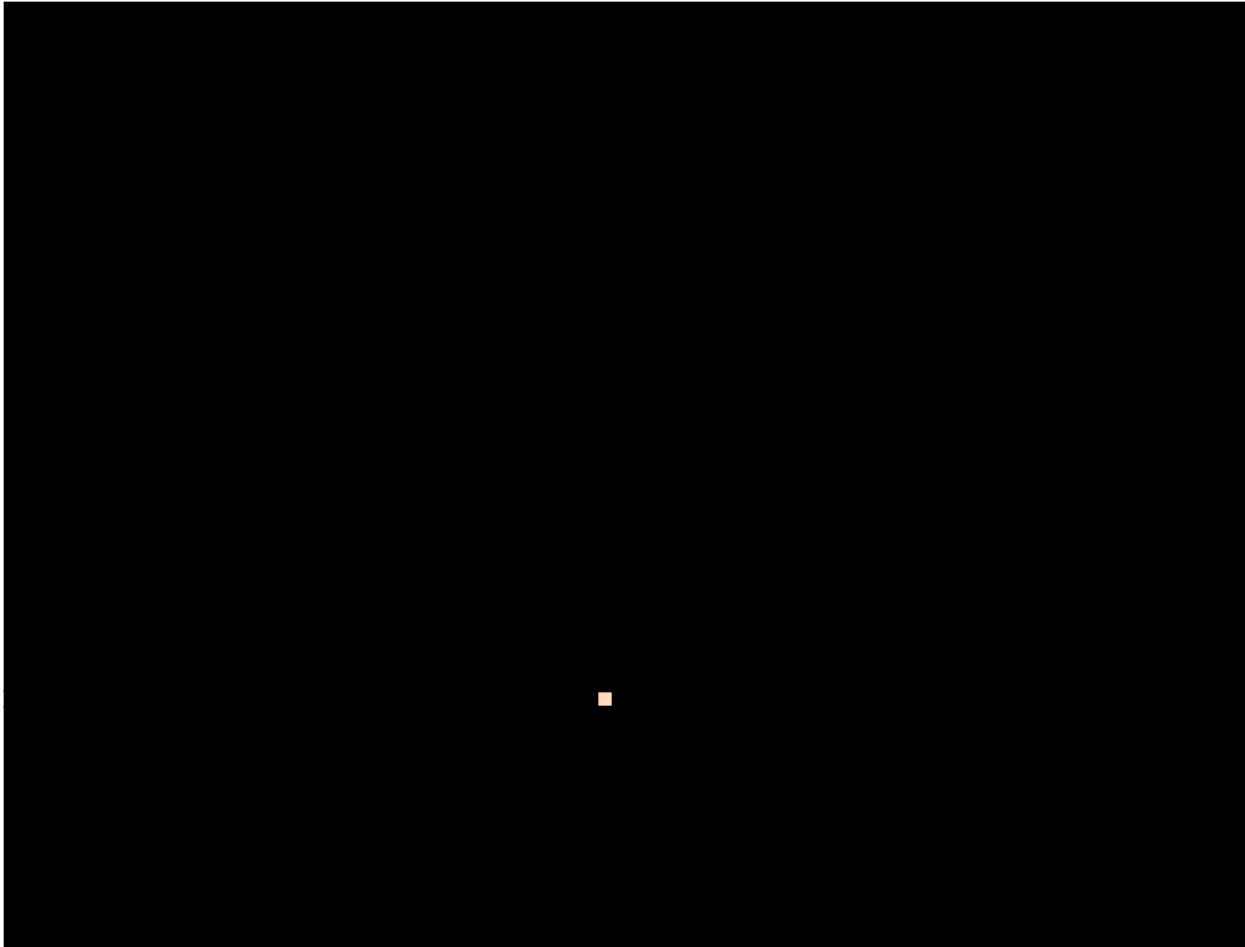
Schnelle Prozessoren

Im wesentlichen sequentiell

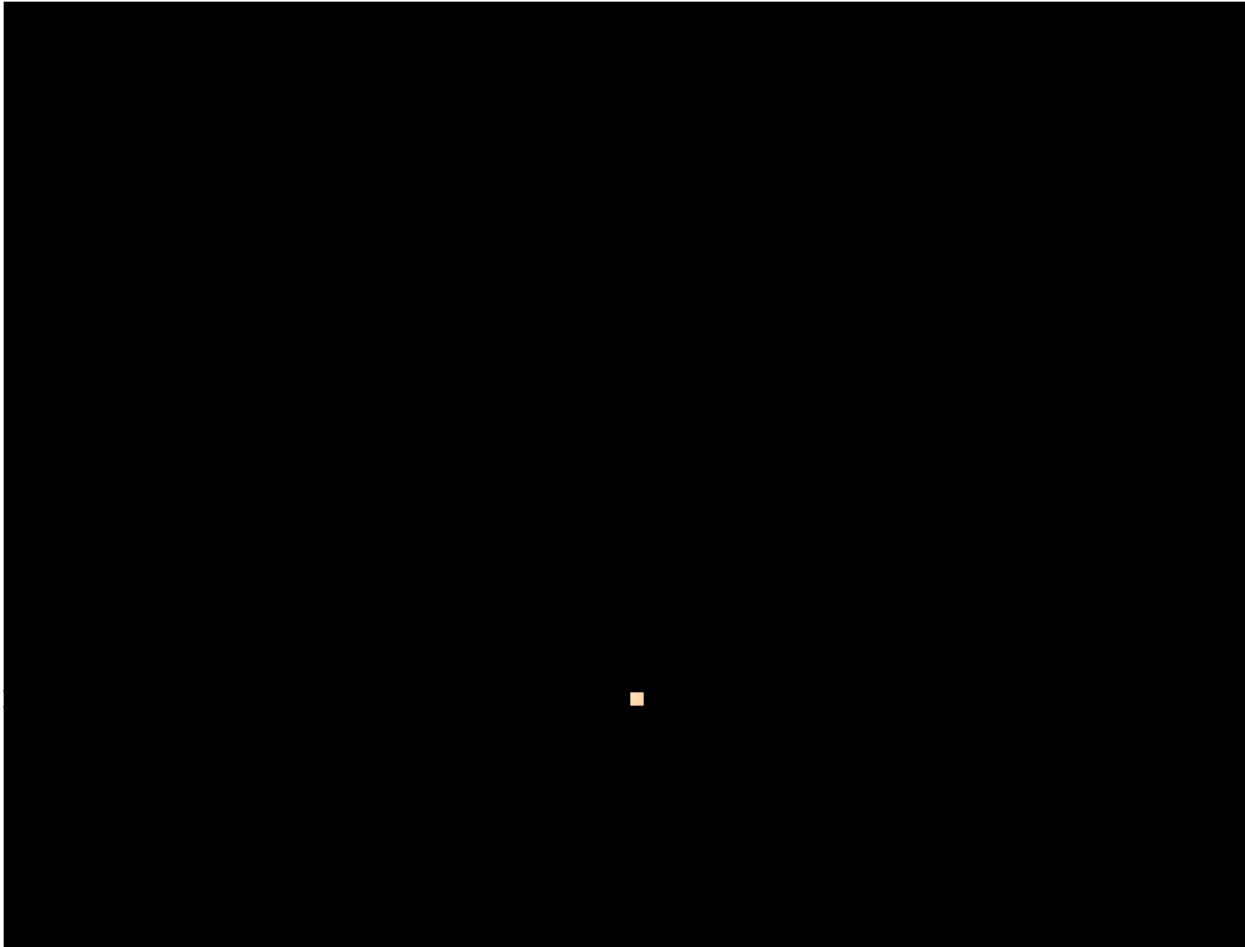
# Sequentielles „Sehen“



# Sequentielles „Sehen“



# Sequentielles „Sehen“



# Sequentielles „Sehen“



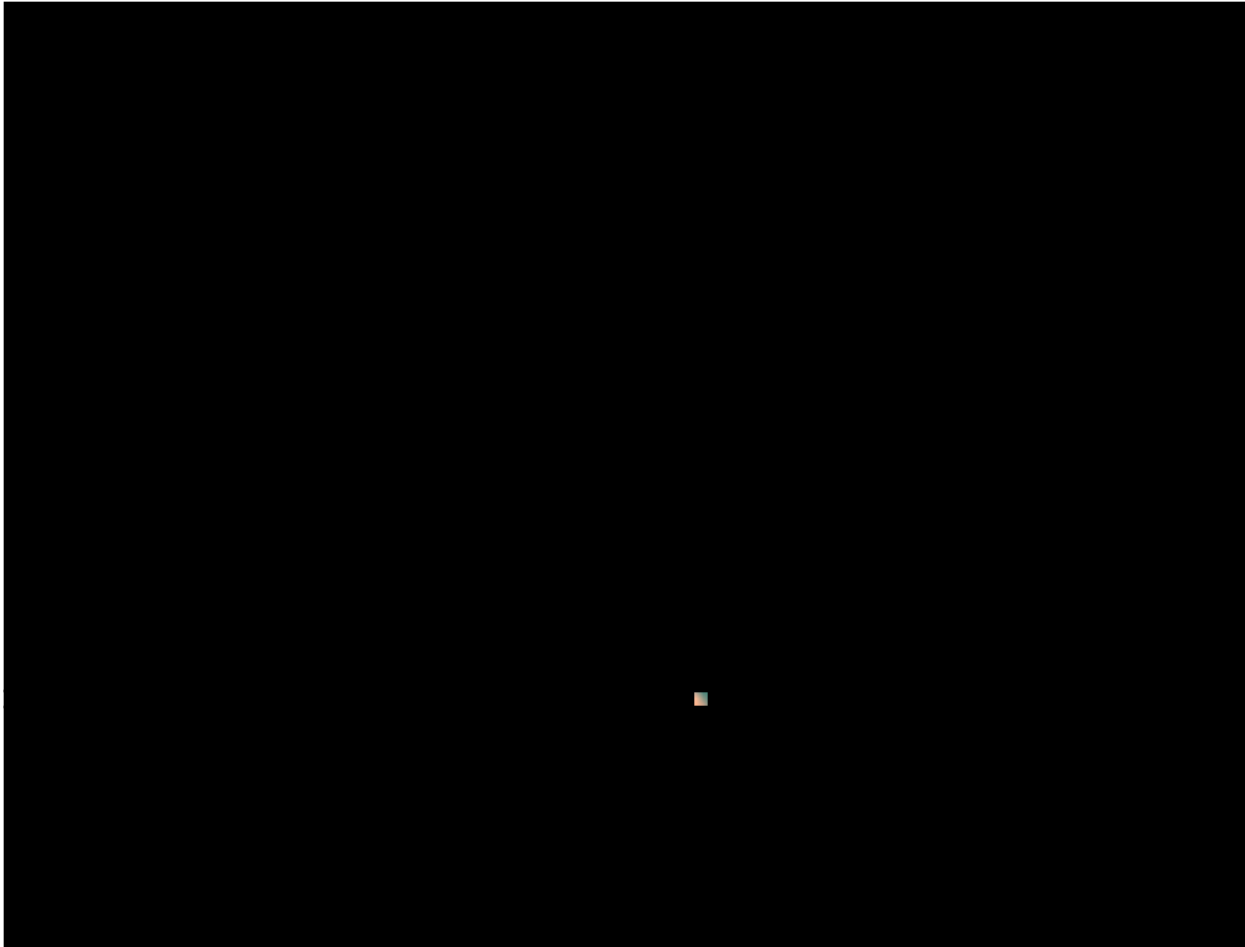
# Sequentielles „Sehen“



# Sequentielles „Sehen“

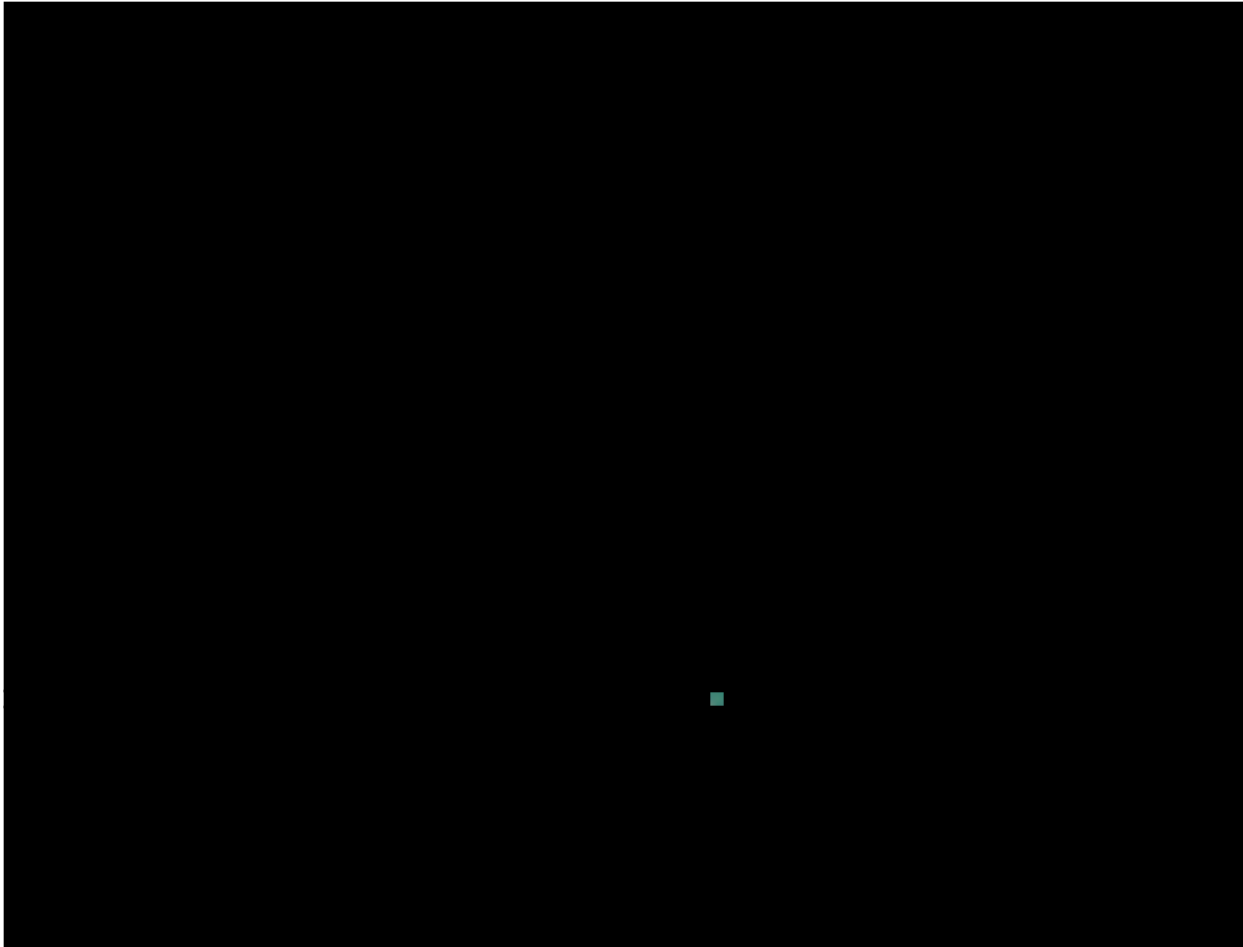


# Sequentielles „Sehen“





# Sequentielles „Sehen“



# Paralleles Sehen



# Wahrnehmungsprozess: Signalaufnahme

Unterschiedliche Sensoren arbeiten parallel

Natur:

- Sehen
- Hören
- Riechen
- ...

Maschine:

- Kamera
- Entfernungsmesser
- GPS
- ...

# Wahrnehmungsprozess: Vorverarbeitung

## Natur:

- Aufbereitung (chemische/mechanische/... Prozesse)
- Weiterverarbeitung im Nervensystem

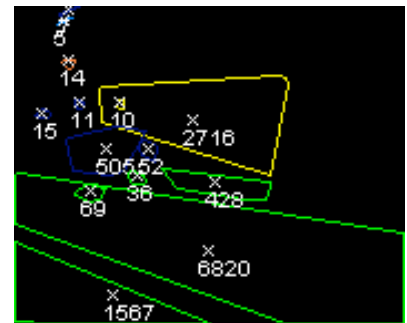
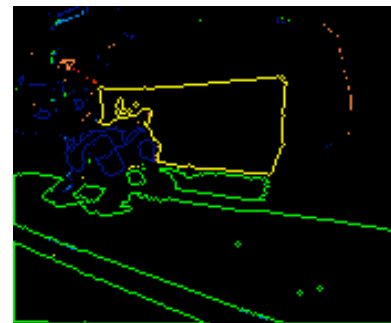
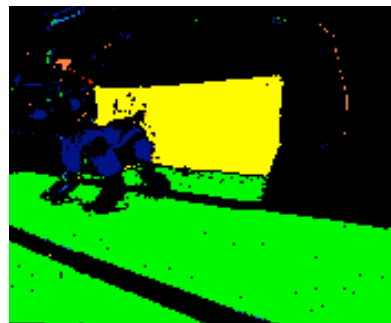
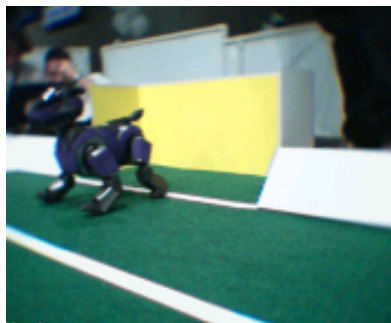
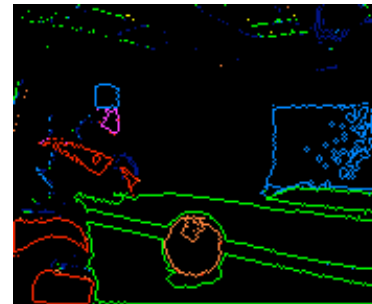
## Maschine

- Aufbereitung
- Weiterverarbeitung im Computer

- Verarbeitung auf „subsymbolischer Ebene“
- Identifikation von Mustern („Gestalten“)
- Vorauswahl „relevanter“ Information

# Wahrnehmungsprozess: Vorverarbeitung

Beispiel: Pixelweise Aufbereitung von Bildinformation



# Identifikation relevanter/interessanter Information

## Erkennen von Dächern





# Erkennen von Dächern

Einzelne Hinweise:

- Farbe
- Umriss

Kontext im Bild

- Nachbarschaften

Kontext der Situation

(„wo bin ich“)



# Erkennung von Dachformen

Linien aus den Bildern extrahieren

Linien charakterisiert durch Kontraste

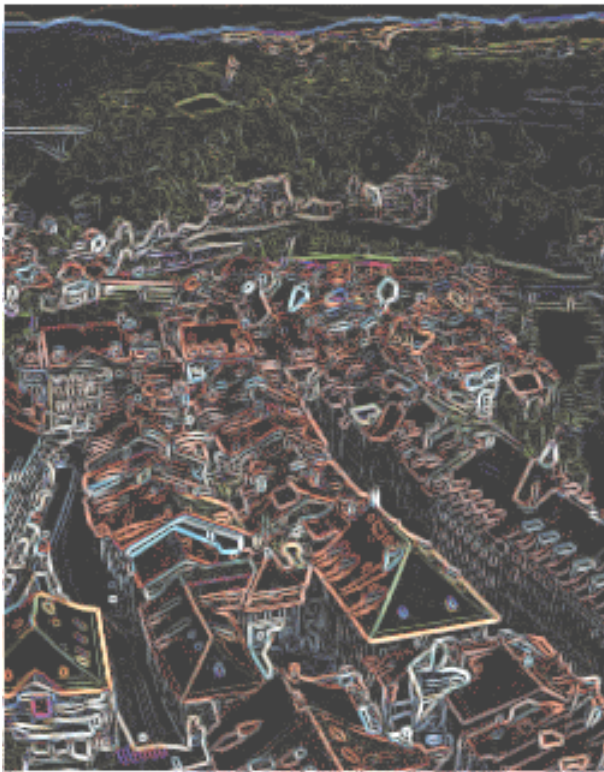




# Erkennung von Dachformen

Linien aus den Bildern extrahieren

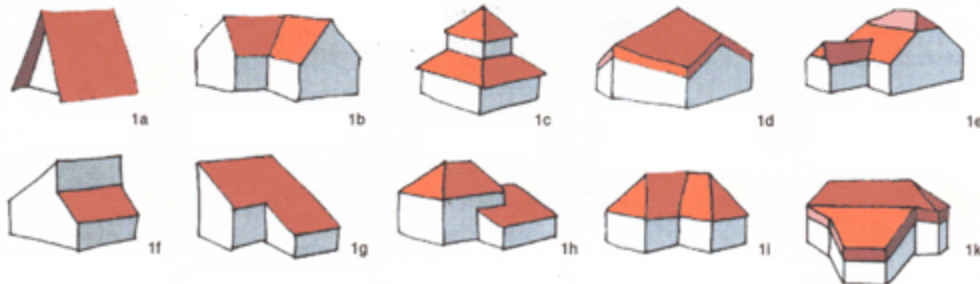
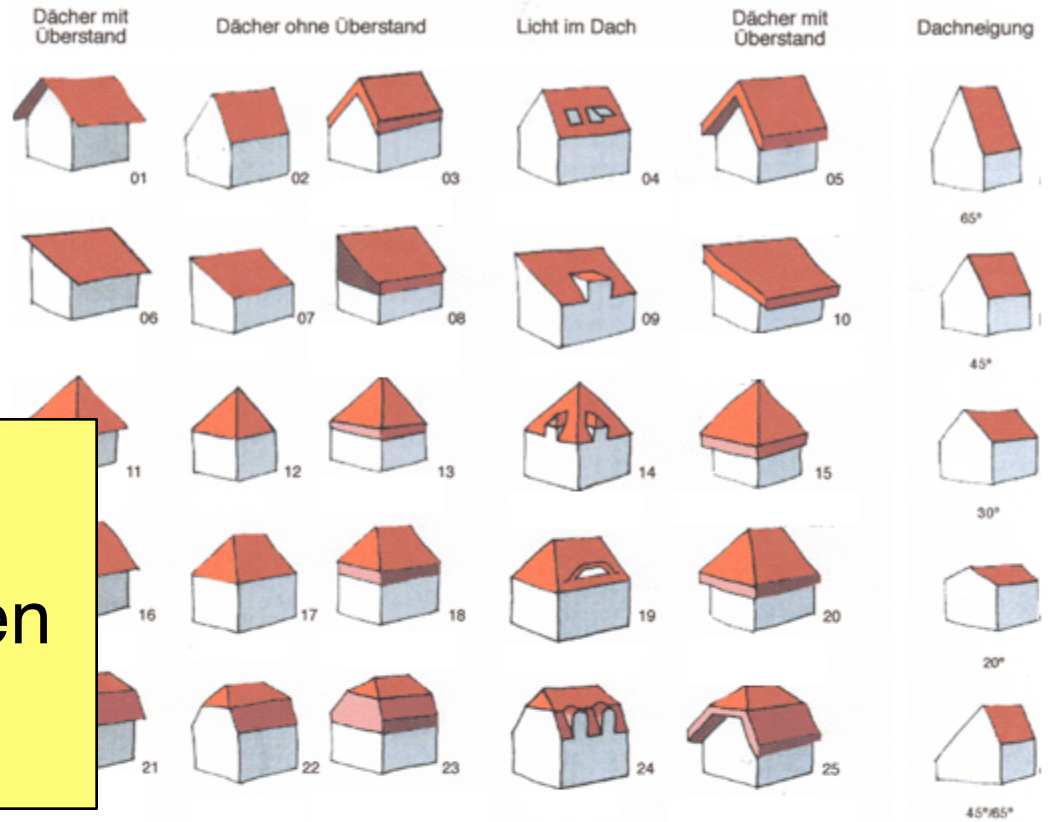
Linien charakterisiert durch Kontraste



# Erkennung von Dachformen

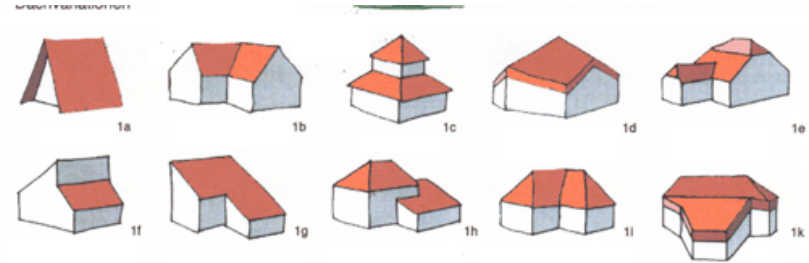


Übereinstimmung  
mit typischen Formen  
von Dächern prüfen

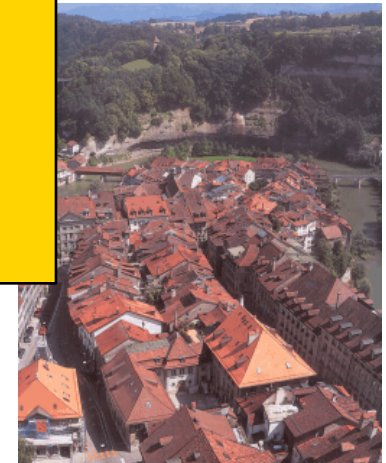


# Erwartungen

Formen („Gestalten“)  
Oberflächenerscheinung  
Nachbarschaften  
Aktuelle Situation  
Kontexte



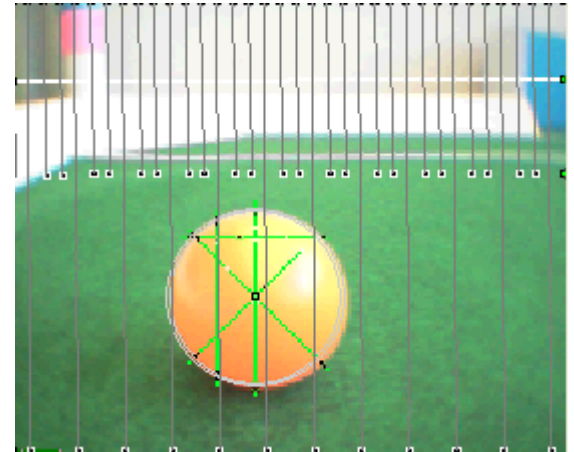
Erwartungen basieren auf Wissen  
Erwartungen können auf verschiedenen Stufen  
des Wahrnehmungsprozesses eine Rolle spielen



# Erwartungen

## Maschinelle Verarbeitung bzgl.

- Erkennen von Formen („Gestalten“): Gerade, Kreis,...
- Oberflächenerscheinung
- Nachbarschaften
- Aktuelle Situation
- Kontexte



- Algorithmus: Kantenerkennung
- Formenzuordnung
- Körper-Zuordnung (z.B. Waltz-Algorithmus)

# Waltz-Algorithmus: Kantenbeschriftungen

„Vorwärtsmodell“:

Charakteristika bekannter Objekte ermitteln

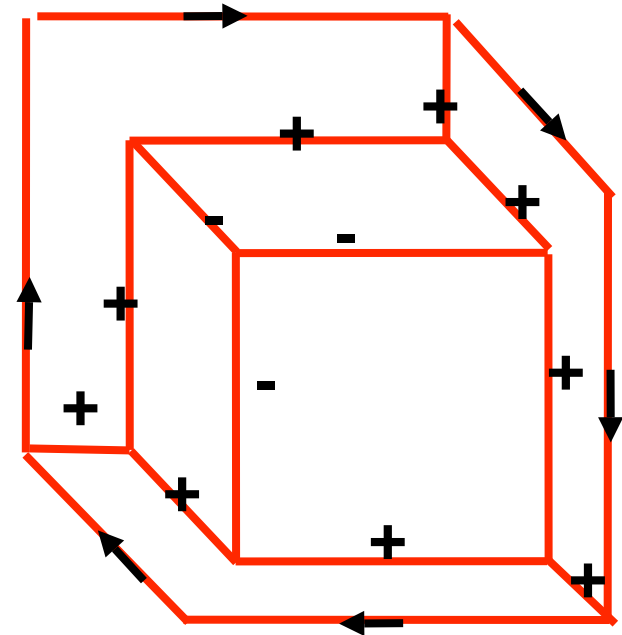
Bibliothek anlegen

Beispiel: Kantenbeschriftungen

Begrenzungslinien mit „ $\oplus$ “

Konkave Innenlinien: mit „+“

Konvexe Innenlinien: mit „-“

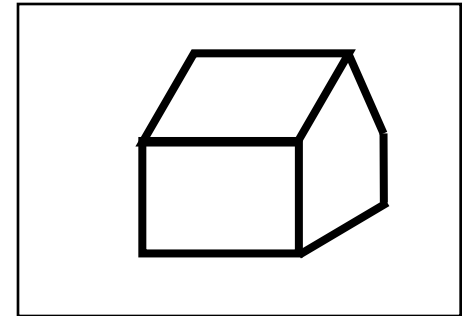


# Waltz-Algorithmus: Kantenbeschriftungen

„Rückwärtsmodell“:

Charakteristika eines neuen Objektes bestimmen

Neues Objekt durch Vergleich mit bekannten Objekten  
(Bibliothek) identifizieren



Beispiel: Kantenbeschriftungen

Kanten mit „ $\oplus$ “, „+“ und „-“ beschriften

Problem: welche Beschriftungen sind zulässig.

(Constraint-Verfahren: Waltz-Algorithmus)

Objekt identifizieren

# Der Waltz-Algorithmus

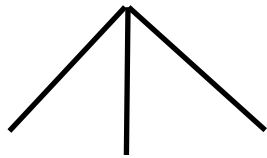
Relaxationsmethode = Erreichen eines stabilen Gleichgewichts

Methode der fortschreitenden Einschränkungen

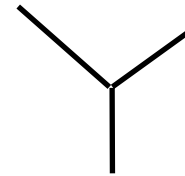
- 1) Wähle eine erste Verzweigung  $V_i$  (Heuristik: mit Begrenzungslinien) und speichere auf  $P_i$  alle Verzweigungstypen, die gemäß ‚Verzweigungs-Lexikon‘ möglich sind.
- 2) Falls alle Verzweigungen bearbeitet wurden, Stop.
- 3) Wähle eine Verzweigung  $V_{i+1}$ , die eine Linie mit einer bereits bearbeiteten Verzweigung  $V_j$  gemeinsam hat, und speichere auf  $P_{i+1}$  die Verzweigungen, die mit mindestens einem Element von  $P_j$  kompatibel sind.
- 4) Prüfe rekursiv für alle benachbarten Verzweigungen, ob sich durch  $P_{i+1}$  weitere Einschränkungen für die jeweiligen  $P_s$  ergeben.
- 5) Falls alle benachbarten Verzweigungen bearbeitet sind und sich keine weiteren Änderungen der  $P_s$  mehr ergeben, setze  $i:=i+1$ , GOTO 2.

# 4 Typen von 3-Kanten-Schnittpunkten

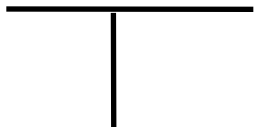
(aufgrund gewisser Voraussetzungen)



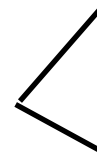
Pfeil



Gabel



T-Stück



Ecke

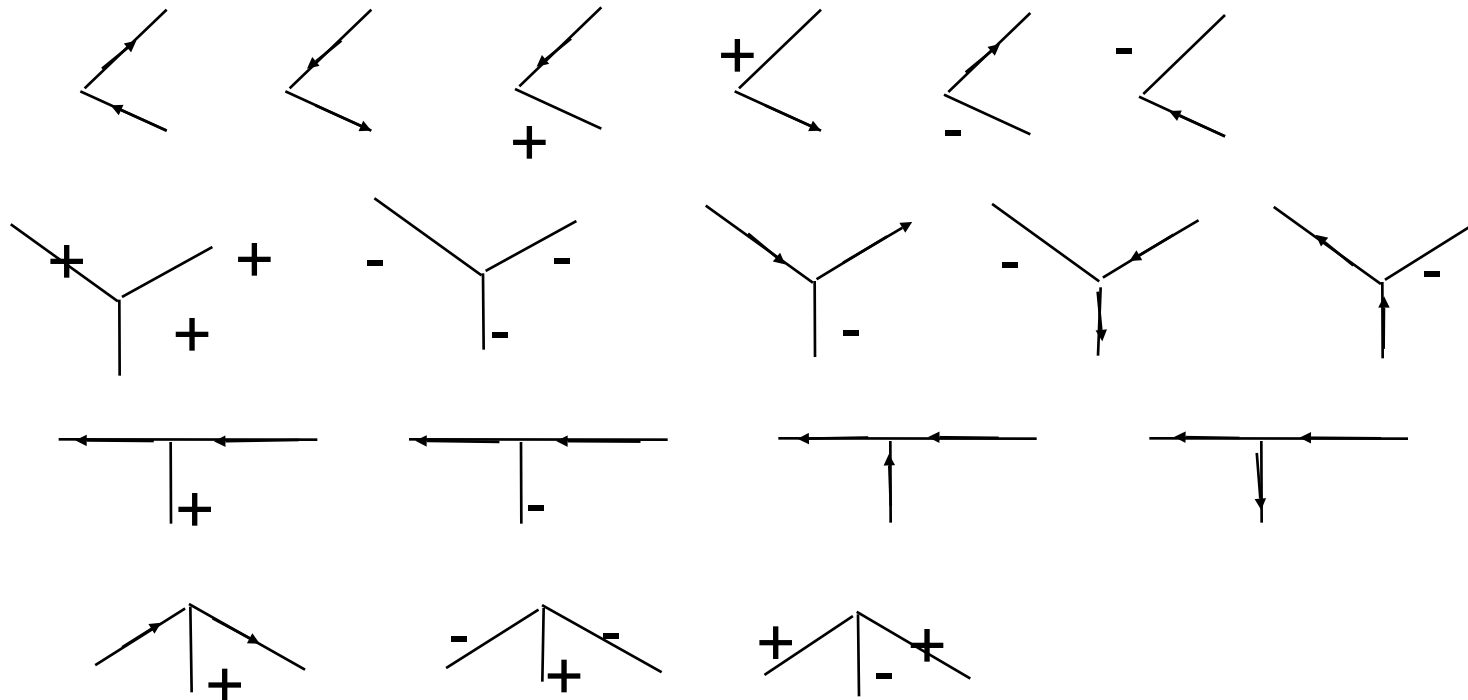


# Beschriftete Schnittpunkte

Bei Kanten vier Möglichkeiten „ $\neg$ “, „ $\textcircled{R}$ “, „ $-$ “ und „ $+$ “.

Folglich: insgesamt  $4^3+4^3+4^3+4^2=208$  Möglichkeiten.

Davon aber nur 18 physikalisch möglich (Constraints!)





# mögliche Kantentypen

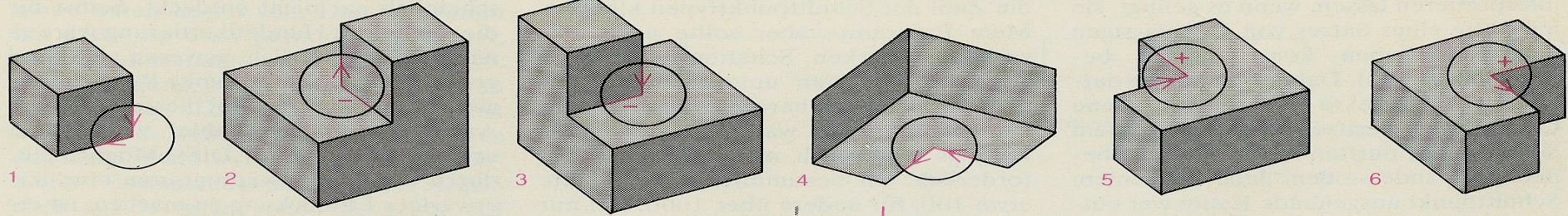
Randkante

konvexe  
Innenkante

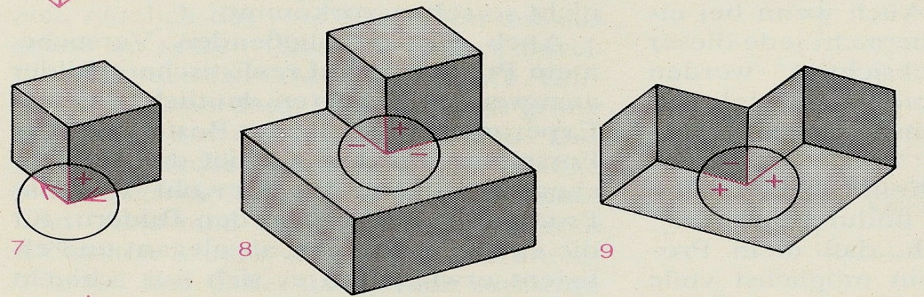
konkave  
Innenkante

## mögliche Schnittpunkttypen

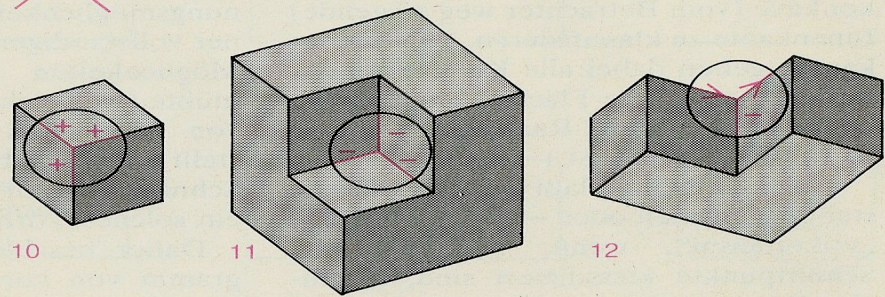
L-förmige Schnittpunkte



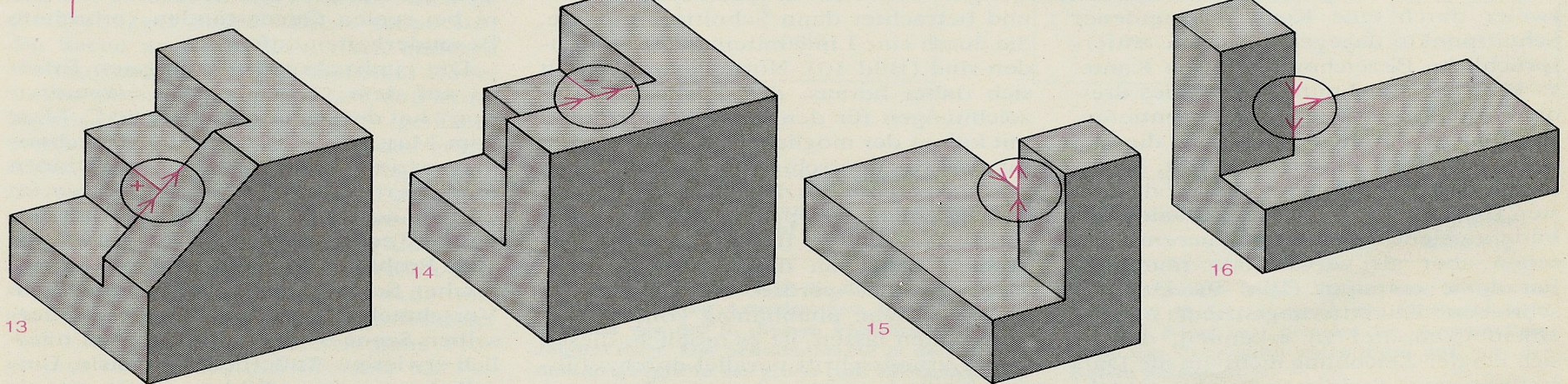
pfeilförmige (spitzwinklige) Schnittpunkte



gabelförmige (stumpfwinklige) Schnittpunkte



T-förmige Schnittpunkte





# Erwartungsbasiertes Vorgehen

Einordnung und Identifikation von Informationen

Ergänzung fehlender Information

Fixierung auf erwarteten Kontext

Wie sind Erwartungen gespeichert? (z.B. Bibliothek)

Wie entstehen Erwartungen?

- Belehrung
- Erfahrung (neue Objekte lernen)

Erwartungen können zu Fehldeutungen führen  
(optische Täuschungen)

# Beschränkung durch Erwartungen

Man kann (nur) wahrnehmen, was man erkennen kann

Maschine:

Kreis nur erkennbar mit entsprechenden Algorithmen

Mensch: Angeborenes Wissen + Erfahrungen

„wie geht die Büchse auf?“

Philosophische Probleme: Was ist überhaupt erkennbar  
(Sinne + Interpretation, Weltbild)

# Erwartungsbasiertes Vorgehen

Speziell bei Gesichtern sind  
Erwartungen ausgeprägt.

Die Deutung von Gesichtern erfolgt nur  
im normalen Kontext.



Wo ist das Gesicht?



# Thatcher Illusion



# Erwartungsbasiertes Vorgehen

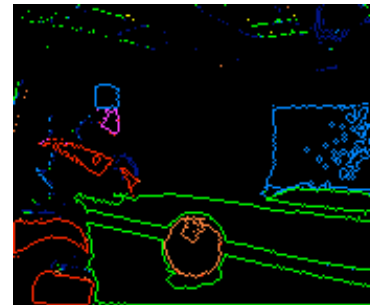
Mehrdeutigkeiten auflösen  
bzw. „Voreinstellung“



# Erwartungsbasiertes Vorgehen

Maschinelles Sehen:

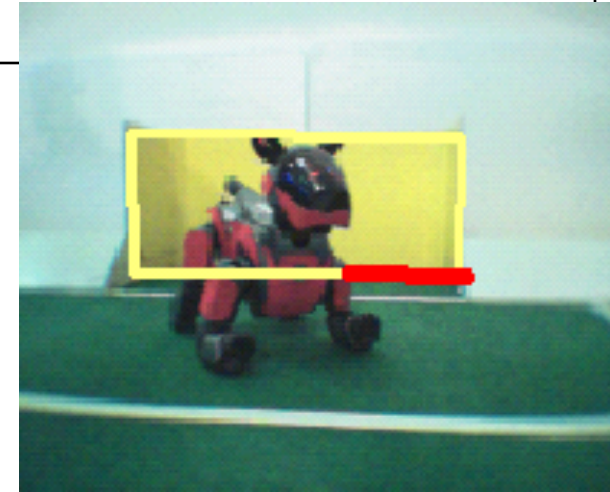
Nur solche Objekte werden erkannt, für die geeignete Algorithmen implementiert sind





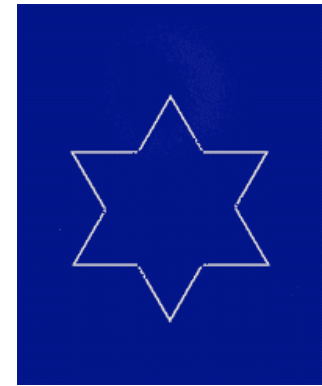
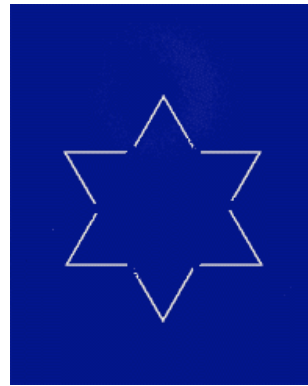
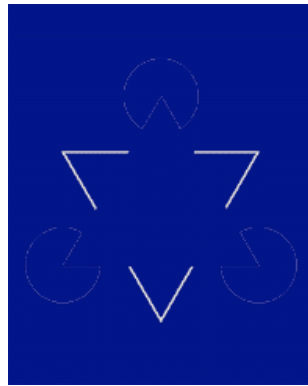
# Ergänzungen

Linien und Formen werden ergänzt  
Meistens ist das sinnvoll



# Optische Illusionen

Vervollständigung/Ergänzung



# Optische Illusionen

Vervollständigung/Ergänzung

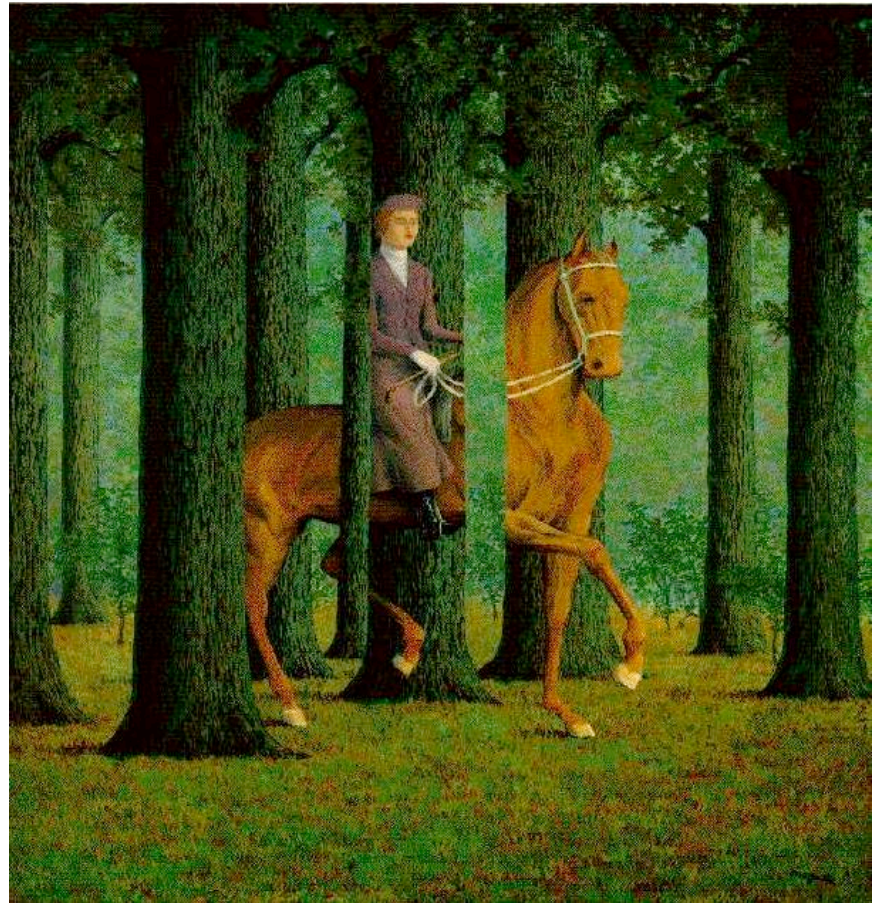


2. René Magritte, *La Condition humaine*, 1933.



# Optische Illusionen

Vervollständigung/Ergänzung



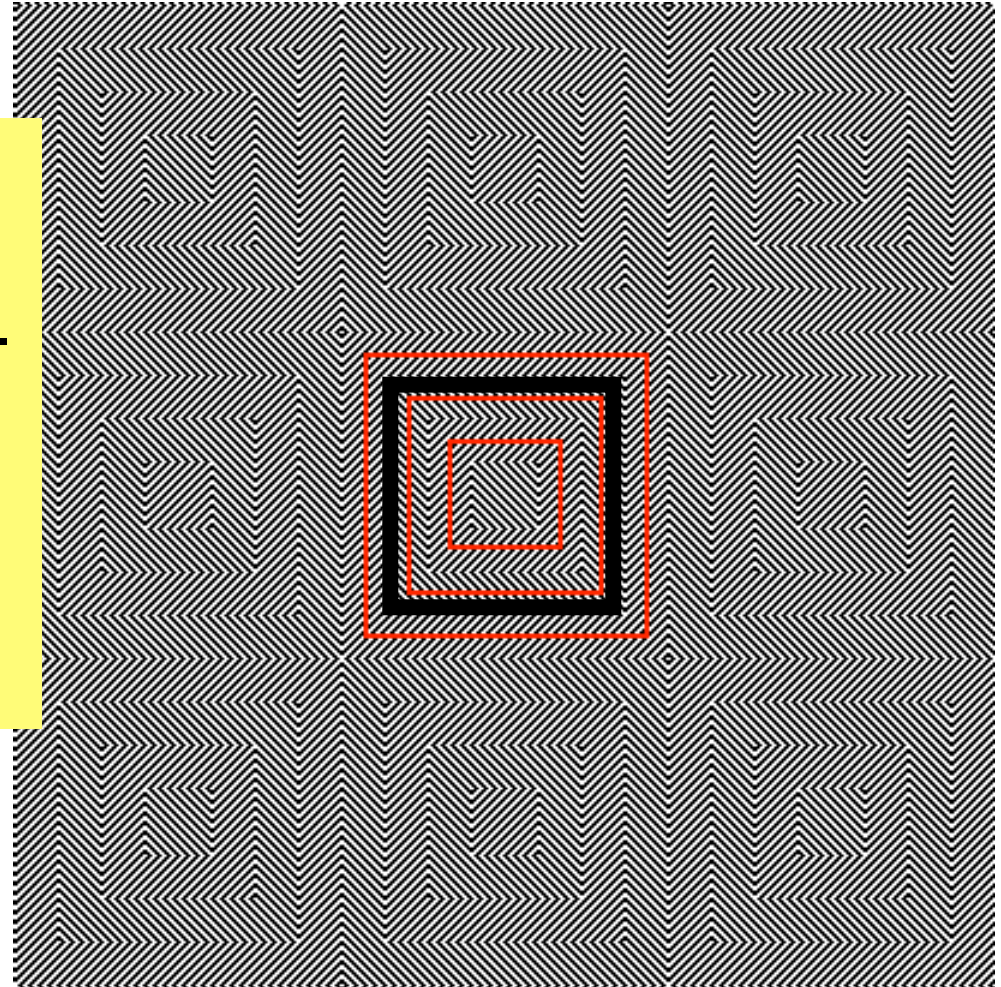
# Optische Illusionen

## Muster und Linien

Linien werden nicht als Geraden abgebildet, Winkel werden verändert.

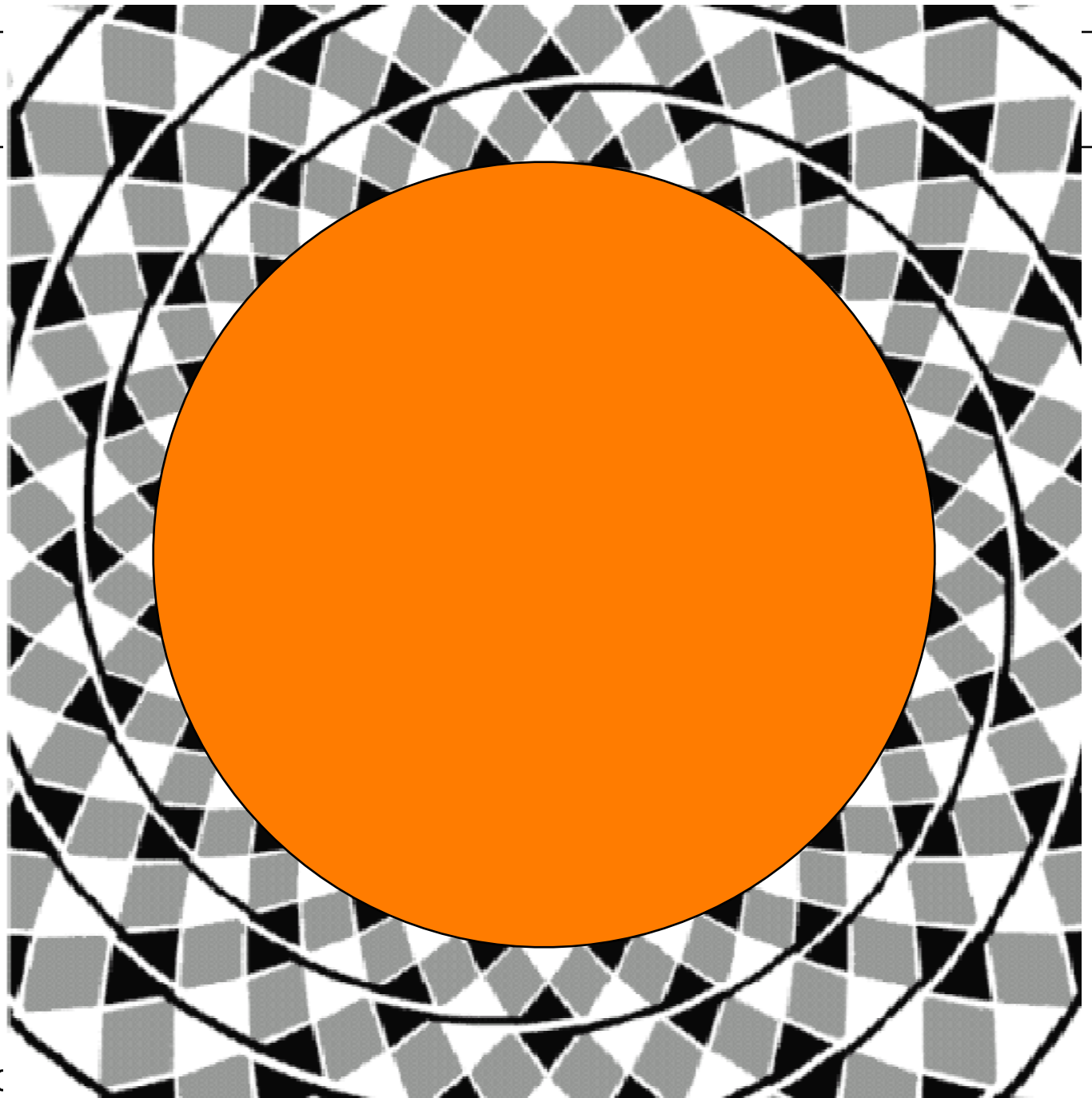
Wahrnehmungsprozesse interpretieren.

Manchmal aber falsch.



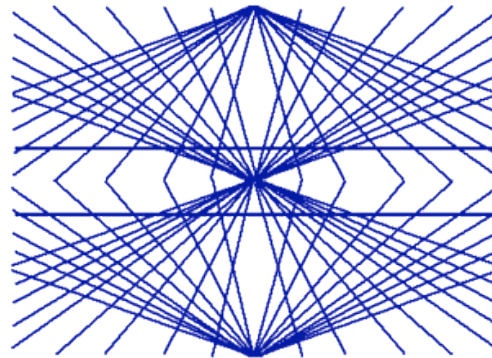
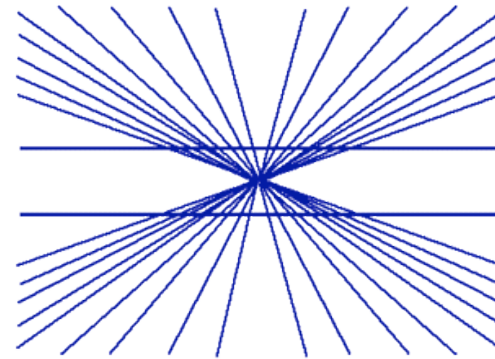
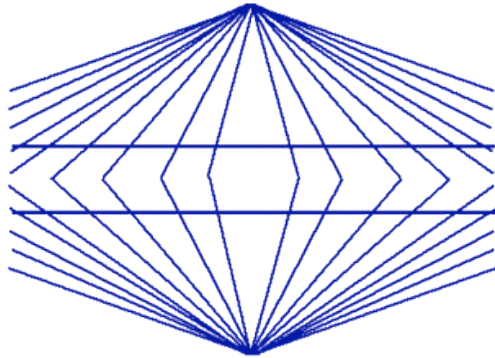


# Optische Illusionen



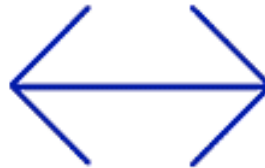
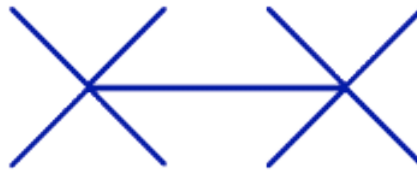
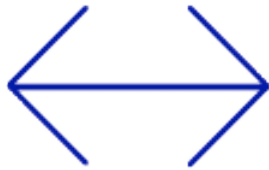
# Optische Illusionen

## Muster und Linien



# Optische Illusionen

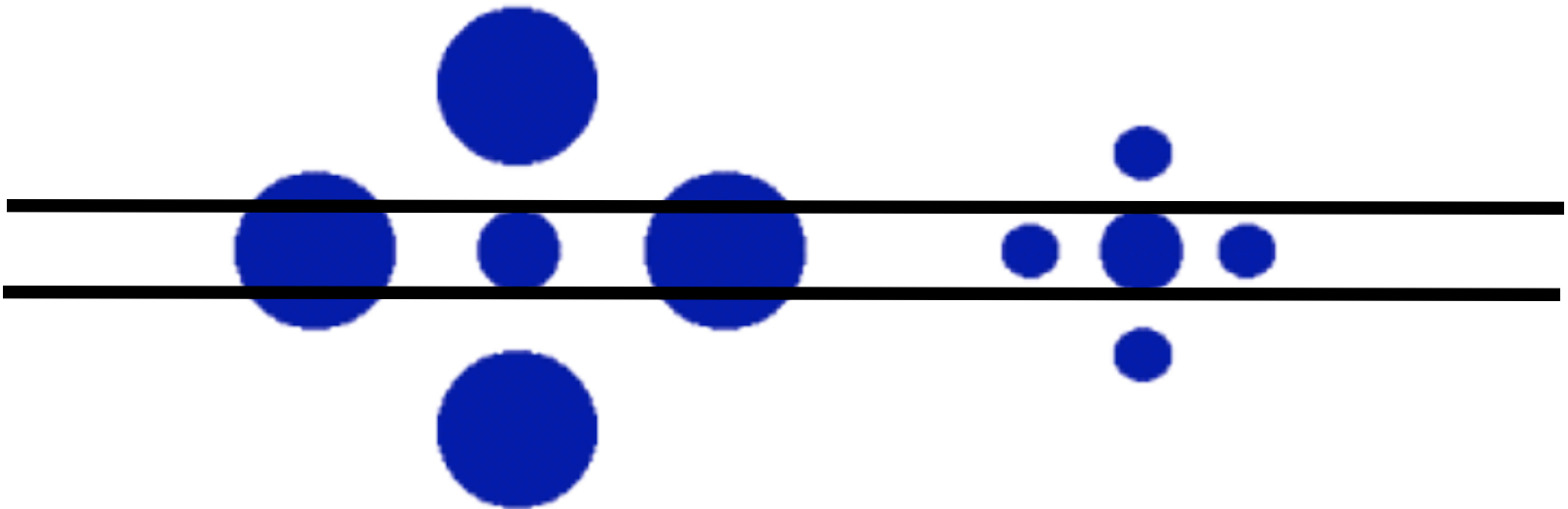
## Größe





# Optische Illusionen

## Größe



# Optische Illusionen

Wie groß ist der Mond?



# Bewegungen

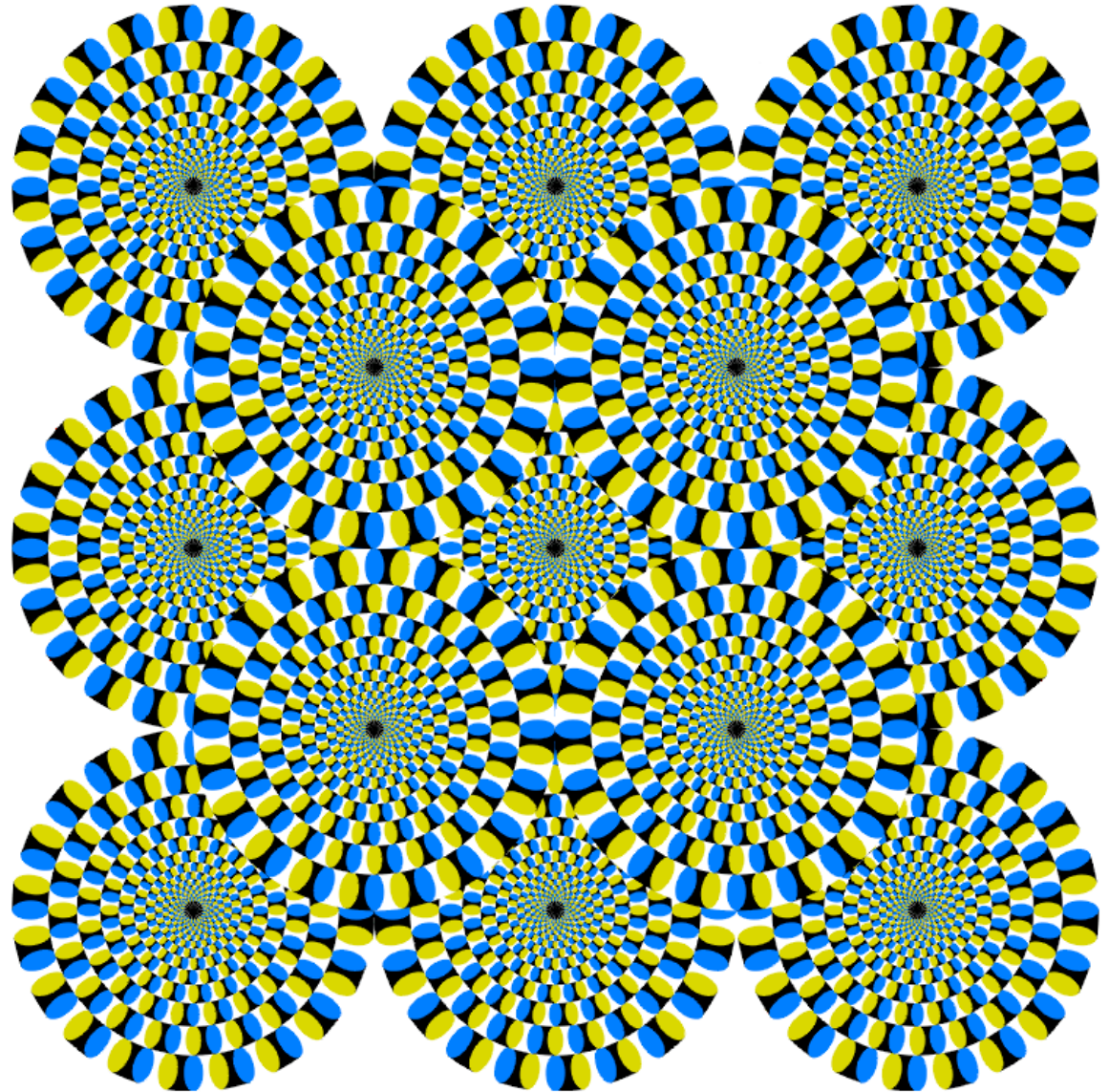
- können zu verfälschten Abbildern führen



-Menschen gleichen das meistens aus  
(und das kann manchmal falsch sein)

# Optische Illusionen

Bewegungen?



# Optische Illusionen

## Bewegungen?

- video spoke illusion

# Optische Illusionen

## Farben und Kontraste

videos-KR\neon.swf



videos-KR\sim-contrast.swf

videos-KR\koffka-movie.swf



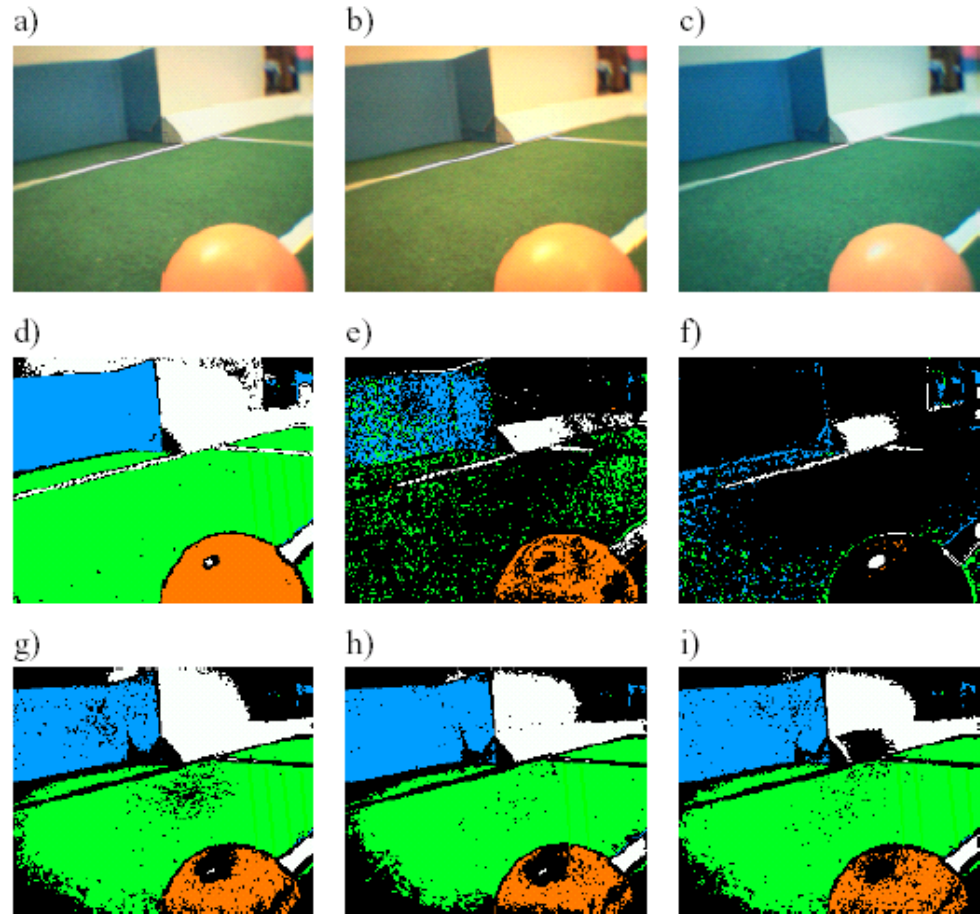
# Farben und Kontraste

Adaptation to changing lighting conditions.

a,b,c) Three images of the same scene, taken with different white balance modes of the camera.

d,e,f) The result of colorclassification based on a color table that was created by hand for image a)

g,h,i) The result of color classification based on a color table that was created automatically for each lighting condition.



Diplomarbeit Jünger



# Optische Illusionen

Bei Maschinen:

Wie beim natürlichen Sehen sind Ergänzungen, Auswahlen und Interpretationen notwendig.

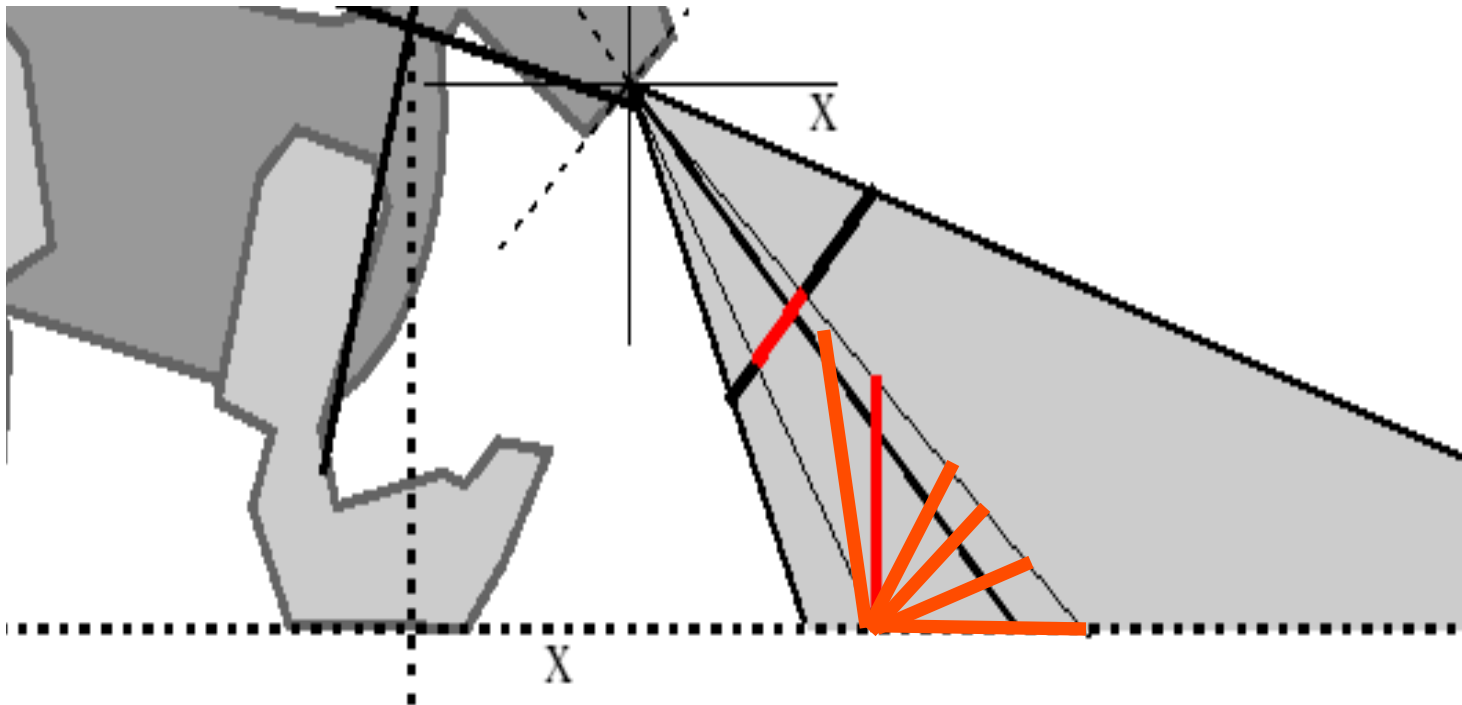
Diese können fehlerhaft sein:

- „Geisterbilder“
- Fehlende Objekte
- Falsche Zuordnung

# Mehrdeutigkeiten

Beispiel: 2D-Abbilder der 3D-Realität

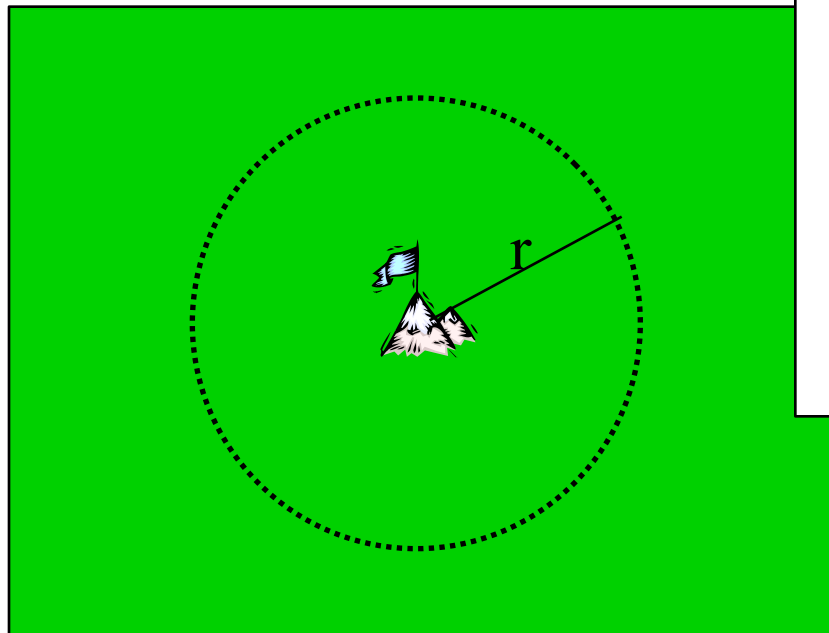
Umkehrung ist „schlecht gestelltes Problem“



# Mehrdeutigkeiten

Beispiel: 2D-Abbilder der 3D-Realität

Umkehrung ist „schlecht gestelltes Problem“



Wenn eine Landmarke in einer bestimmten Entfernung  $r$  gesehen wird, befindet sich der Beobachter auf einem Kreis um die Landmarke

# Mehrdeutigkeiten

Verbesserungen im Vision-Bereich:

Stereo-Bilder

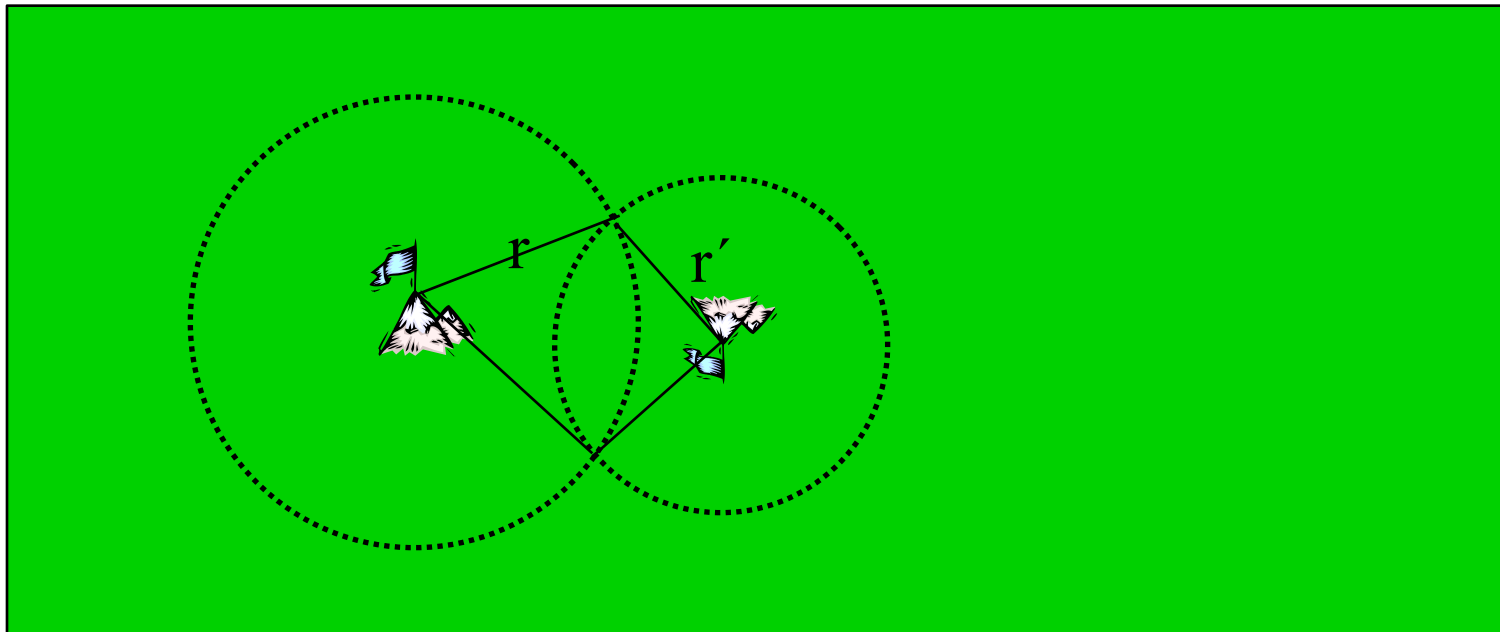
Redundanzen nutzen

Weltwissen ausnutzen (Interpretation), z.B. über

- Absolute Größe von Objekten
- Größenverhältnisse zwischen Objekten
- Relative Positionen von Objekten, Verdeckung
- Beleuchtung usw.

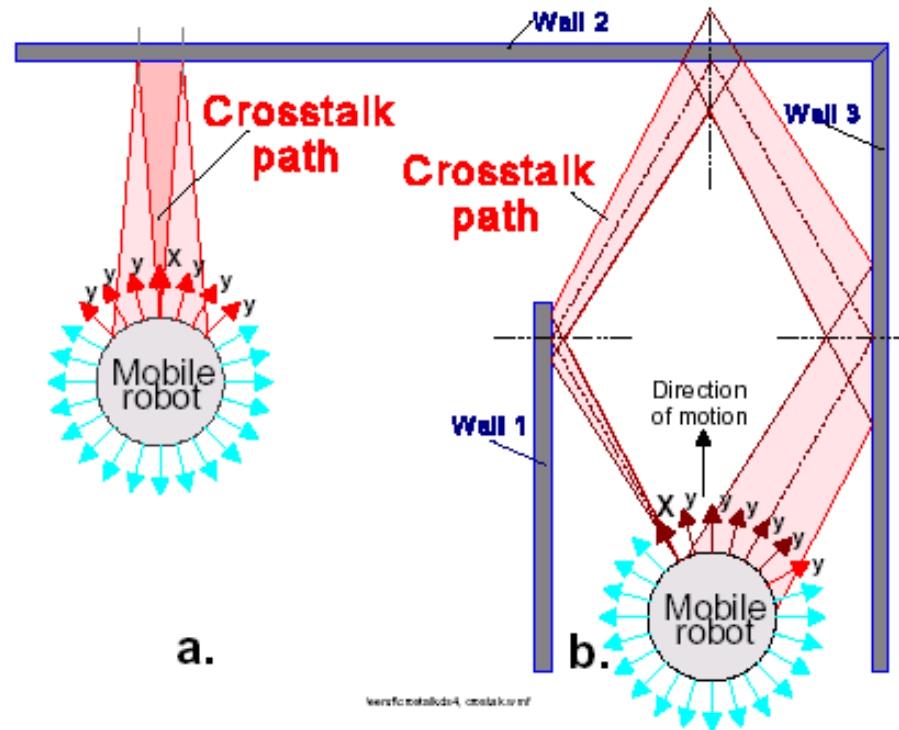
# Mehrdeutigkeiten auflösen

Die Entfernungen zu zwei Landmarken bestimmen die Position des Beobachters bis auf zwei Möglichkeiten. Bei drei Landmarken ist die Position eindeutig bestimmt.



# Störungen

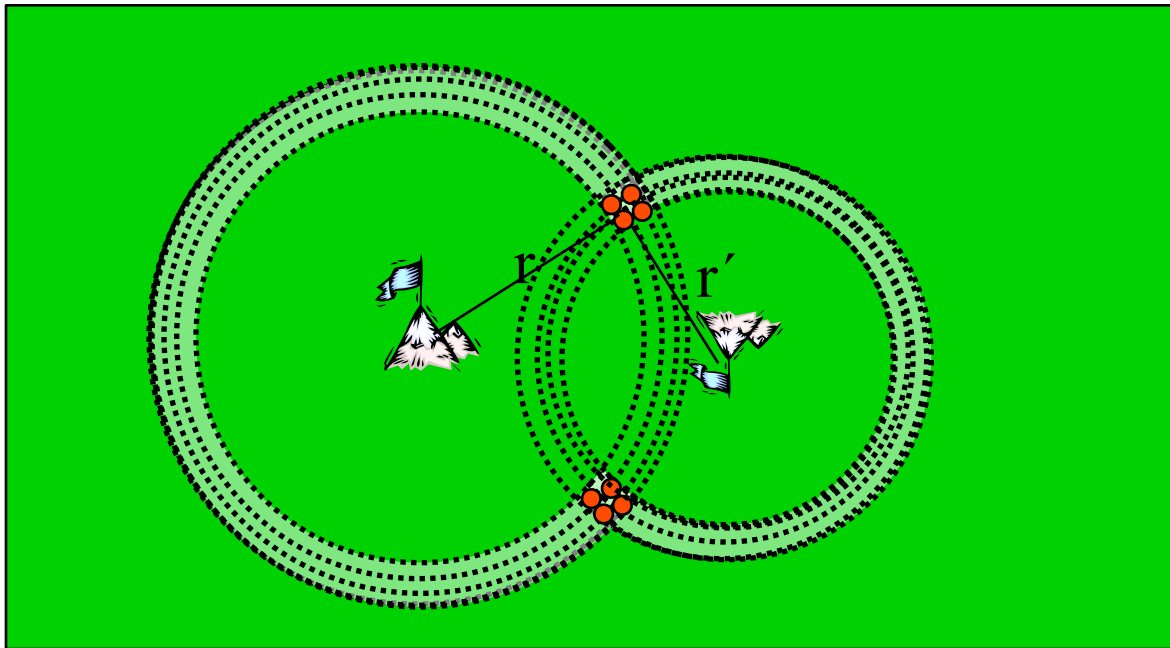
## Fehlerhafte Echos bei Sonarsensoren



**Figure 4.1:** Crosstalk is a phenomenon in which one sonar picks up the echo from another. One can distinguish between a. direct crosstalk and b. indirect crosstalk.

# Verrauschte Messungen

Bei verrauschten Messungen  
(Ungenauigkeiten der Entfernungen  $r$  und  $r'$ )  
ist auch die Positionsbestimmung unzuverlässig.





# Aufmerksamkeit

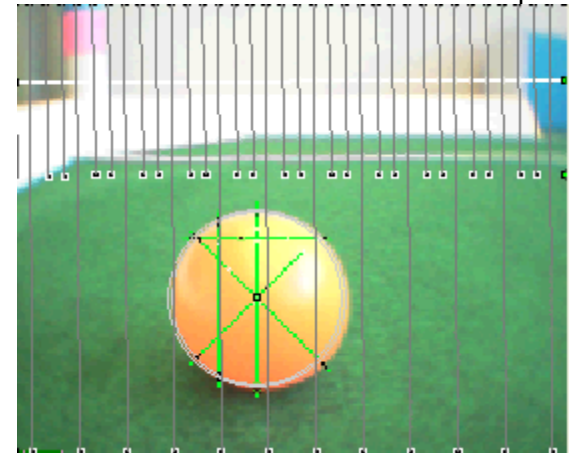
Selektion von Information

Bewusstes/unbewusstes Wahrnehmen (Party-Effekt)

Rationalität: Auswahl relevanter Daten  
Auswahlprozesse können auf verschiedenen Stufen  
des Wahrnehmungsprozesses eine Rolle spielen

Maschinelle Verarbeitung z.B.

- selektive Auswahl von Bildinhalten
- Scanlinien unterschiedlicher Intensität,
- Farben bevorzugen: orange
- nur nach Ball suchen



# Aufmerksamkeit

Aufmerksamkeit bezogen auf Erwartungen

Unaufmerksamkeit für Unerwartetes:

Partielle Blindheit

(außer bei „heftigem Erscheinen“)

videos-KR\neisserUW.mov

Wieviele Bälle sind im Spiel?

videos-KR\pers.mov

Warum geht er hinaus?

videos-KR\conversation.mov

Worüber reden die Personen?

# Aufmerksamkeit

(Partielle) Blindheit bei maschinellem Sehen:

Generell:

Nur Formen und Objekte identifizierbar, die bekannt sind

- für die Algorithmen programmiert wurden
- die „gelernt“ wurden

In aktueller Situation:

Nur Formen und Objekte identifizierbar, für die ausreichend Ressourcen bereit gestellt werden

# Change Blindness

- **Flicker**
  - Rensink, O'Regan & Clark, 1997; 1999
- **Eye saccades**
  - Currie, McConkie, Carlson-Radvansky & Irwin, 1995; McConkie & Currie, 1996
- **Blinks**
  - O'Regan, Deubel, Clark, Rensink, 1999
- **Film cuts, real life**
  - Levin & Simons, 1997
- **“Mudsplashes”**
  - O'Regan, Rensink & Clark (Nature, 1999)

# Change Blindness



- Kevin O' Regan, Paris  
(<http://nivea.psychu.univ-paris5.fr/>)



# Experiment I





# Experiment II

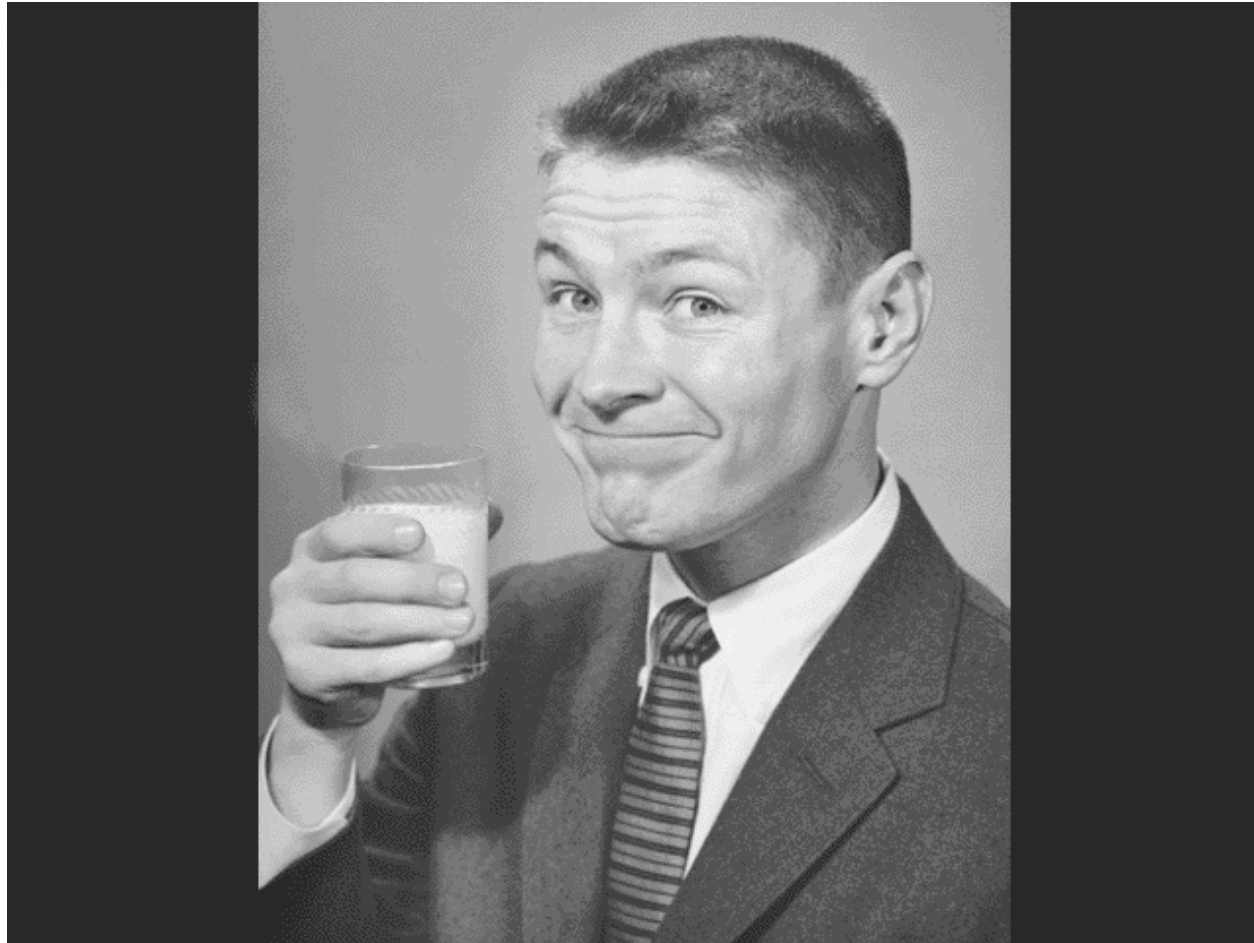


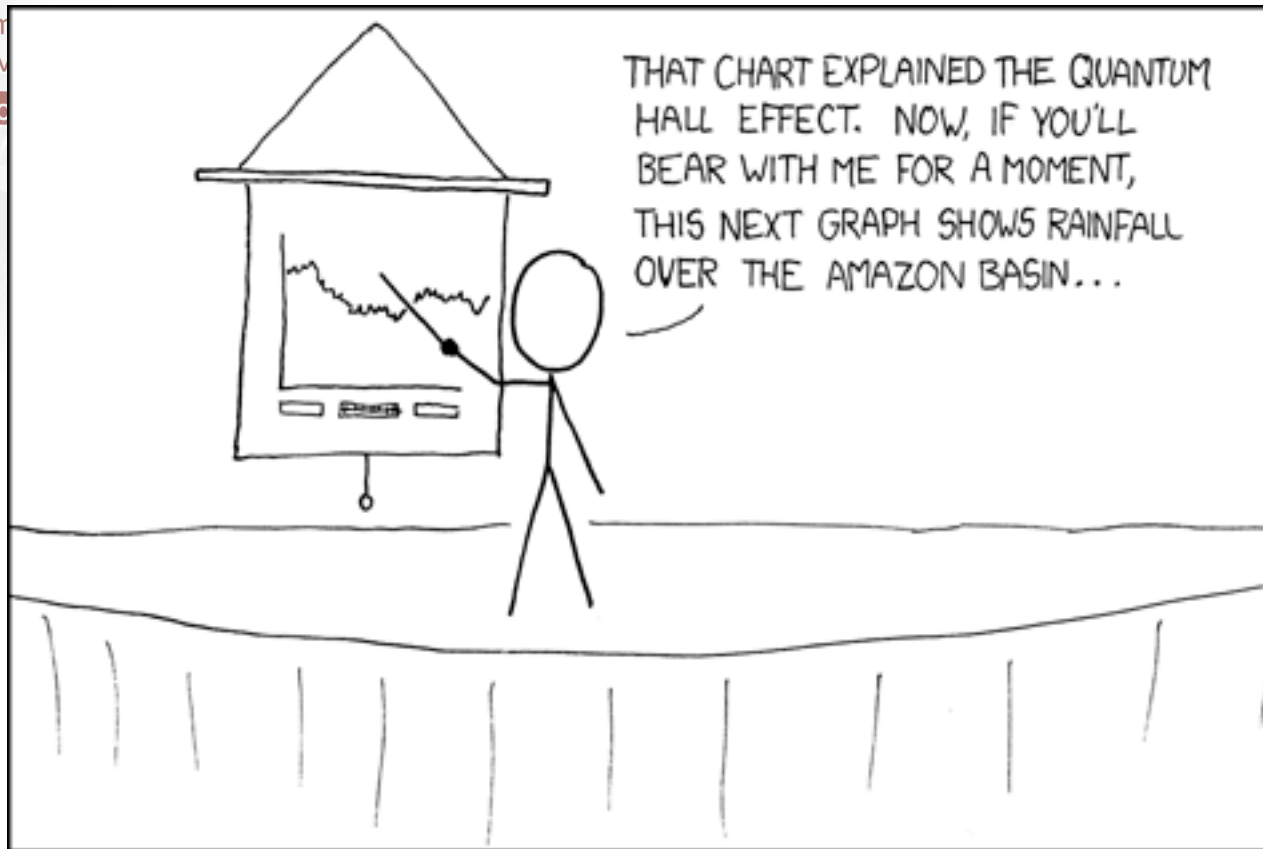


?



?





IF YOU KEEP SAYING "BEAR WITH ME FOR A MOMENT",  
PEOPLE TAKE A WHILE TO FIGURE OUT THAT  
YOU'RE JUST SHOWING THEM RANDOM SLIDES.



# Lernen / Aufmerksamkeit

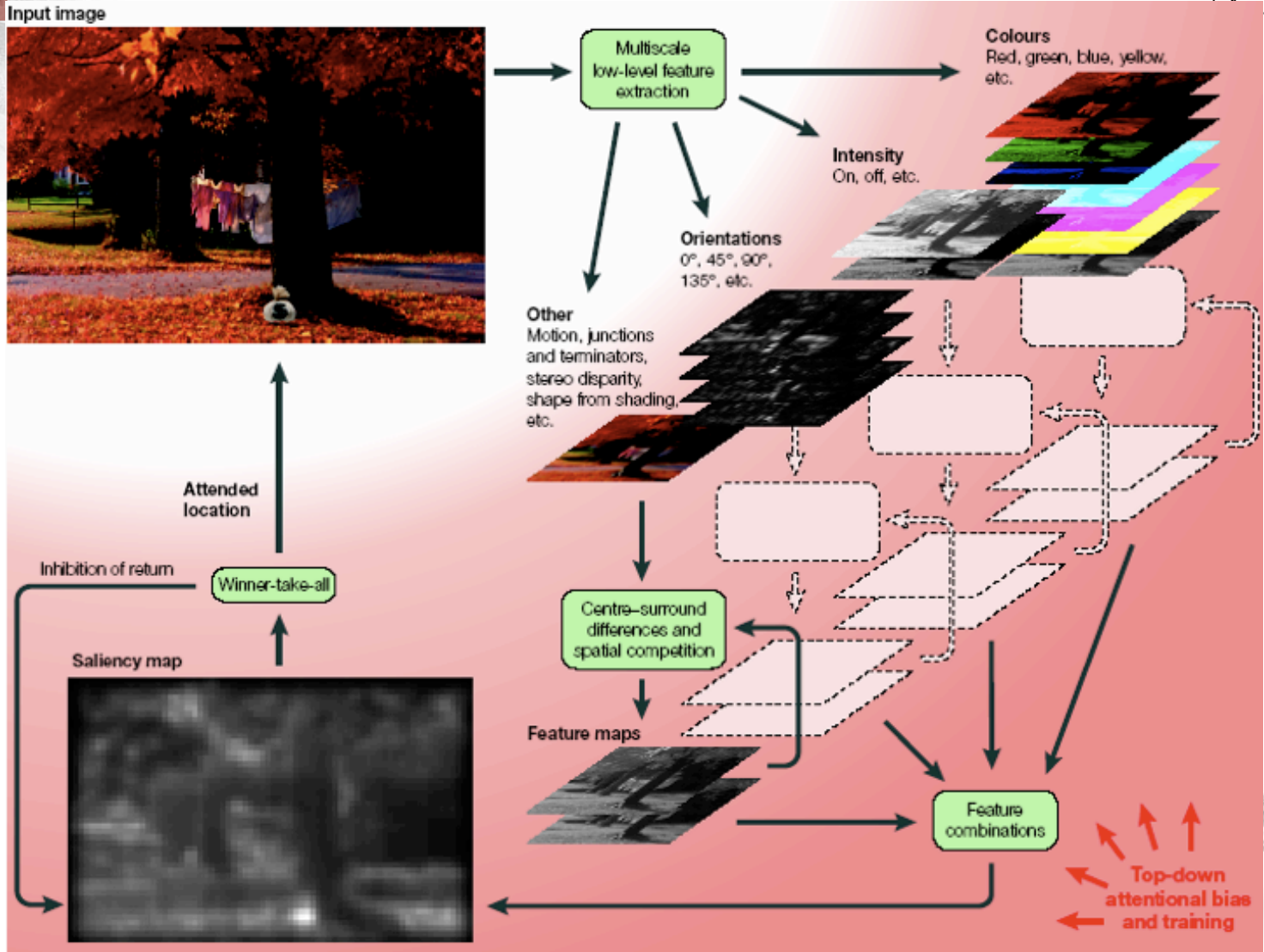


Language games with  
AIBO (F. Kaplan, Sony  
CSL Paris, 2000)

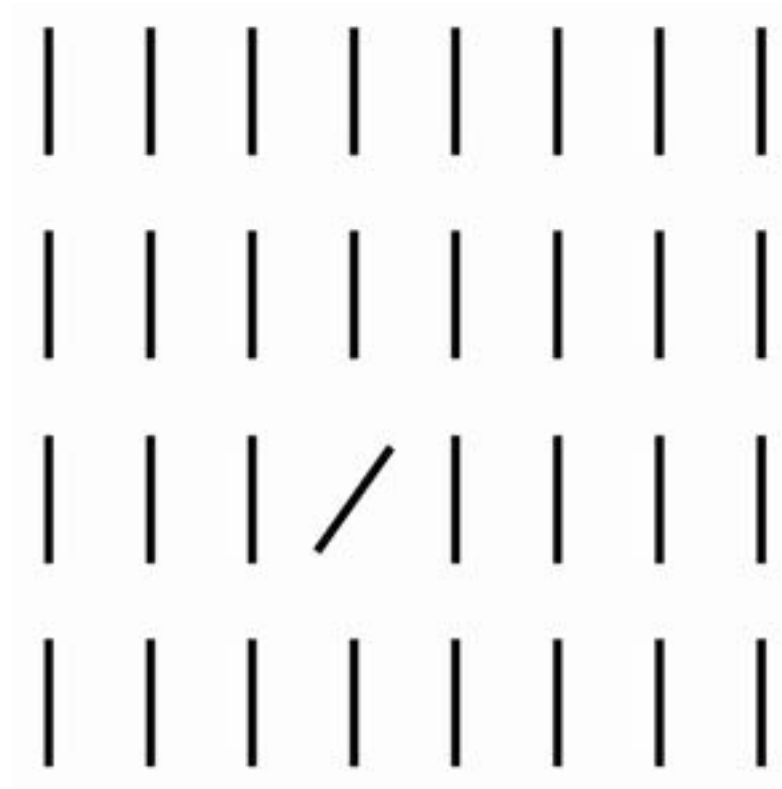




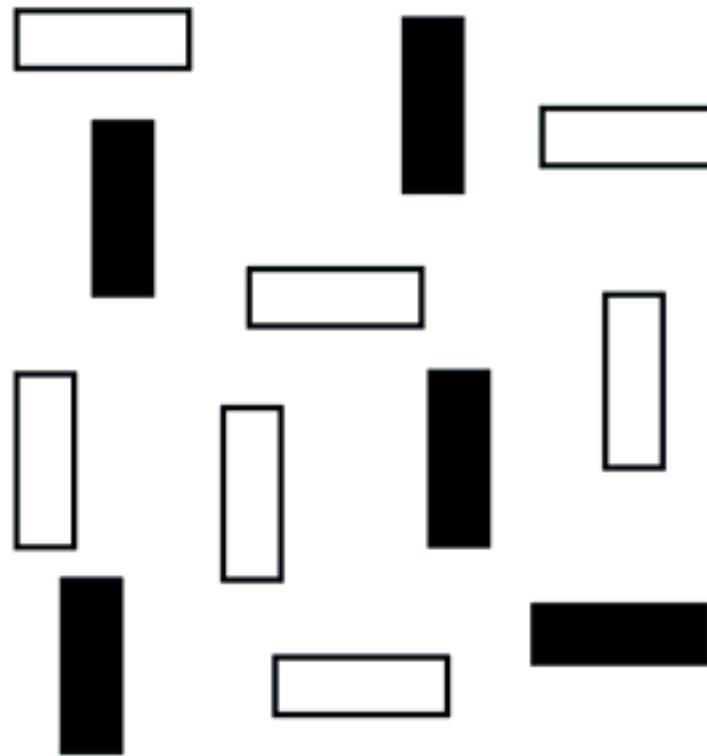
# Saliency Maps



# Pop-Out Effekt

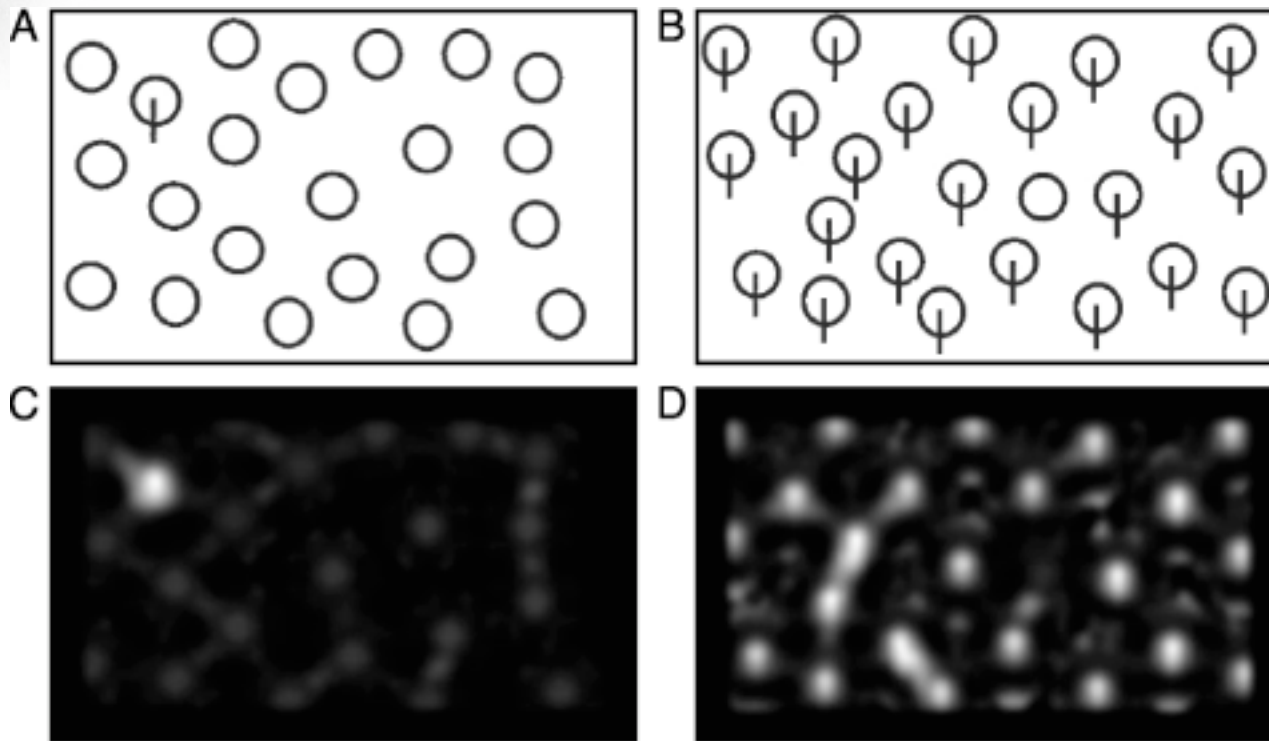


# Kein Pop-Out Effekt





# Pop-Out Effect



ja

nein



# Augenbewegungen

- 1) Free examination.
- 2) estimate the material circumstances of the family;
- 3) give the ages of the people;
- 4) surmise what the family had been doing before the arrival of the "unexpected visitor;"
- 5) remember the clothes worn by the people;
- 6) remember the position of the people and objects in the room;
- 7) estimate how long the "unexpected visitor" had been away from the family





1



2



3



4



5



6



7

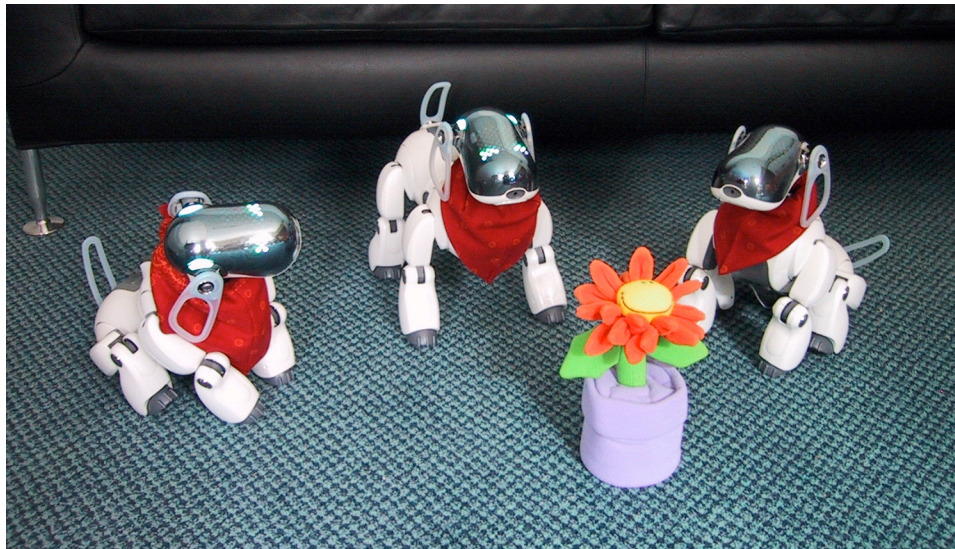
Seven records of eye movements by the same subject. Each record lasted 3 minutes.

- 1) Free examination. Before subsequent recordings, the subject was asked to:
- 2) estimate the material circumstances of the family;
- 3) give the ages of the people;
- 4) surmise what the family had been doing before the arrival of the "unexpected visitor;"
- 5) remember the clothes worn by the people;
- 6) remember the position of the people and objects in the room;
- 7) estimate how long the "unexpected visitor" had been away from the family (from Yarbus 1967).



# Joint Attention

- viel mehr als nur gemeinsames Schauen



# Joint Attention



- Diese Fähigkeit ist wichtig für:
  - Imitationsverhalten
  - Soziale Kognition
  - Entwicklung von Sprache





# What is Attention?

Attention is the process whereby an agent concentrates on some features of the environment to the (relative) exclusion of other.

- Passive attention: a salient event (e.g. a loud noise) happens and automatically triggers the attention of the agent.
- Active attention: the agent is involved in an intentionally directed process and must actively select particular features of its environment.

# Joint Attention



- Geteilte Aufmerksamkeit
- Voraussetzungen:
  - Erkennen von Aufmerksamkeit
  - Manipulation von Aufmerksamkeit
  - Soziale Interaktion
  - Verstehen von Intentionen





# Pointing in Human Infants

## Imperative pointing (9 months)

Drawing attention as a request for reaching an object,  
attention not monitored,  
origin: grasping?



## Declarative pointing (12 months)

Drawing attention using gestures



# Human Developmental Timelines



## T1 Attention detection

- 0-3m** Mutual gaze
- 6m** Discrimination of left/right
- 12m** Gaze angle detection, interpretation of pointing
- 15m** Gaze following and pointing detection toward object outside the field of view

## T2 Attention manipulation

- 9m** Imperative pointing as a request for reaching an object
- 12m** Declarative pointing, attention manipulation using gestures
- 13m** Referential words

## T3 Social coordination

- 0-3m** Protoconversation, simple rhythmic interaction including turn-taking mediated by the caregiver
- 6m** Shared games, conventional routines established between child and caregivers
- 9m** Simple immediate imitation
- 18m** Complex imitative games

## T4 Intentional understanding

- 0-3m** Early identification with other persons
- 6m** Distinction between animate and inanimate entities
- 9m** First goal-directed behaviour
- 12m** Behavioural understanding of observed behaviour, intentional understanding of produced behaviour
- 18m** Intentional understanding of observed behaviour



# Joint Attention Ansätze in der Robotik

- Gaze detection between a robot and a human (Nagai et al. 2002+2003, Scassellati, 1999, Carlson and Triesch, 2003)
- Pointing and gaze detection between a robot and a human (Imai et al. 2001, Kozima et al. 2000)
- Pointing detection between two robots (Hafner, Kaplan 2005: *Learning to interpret pointing gestures: experiments with four-legged autonomous robots*)



# Zeige-Erkennung

- Beispiel: Aibos



