

# Wie kommt die Welt in den Kopf und wieder heraus?

Ein Dialog zwischen Naturwissenschaft und Literatur

Heinrich H. Bülthoff

Jürgen Wertheimer



MPI FOR BIOLOGICAL CYBERNETICS

EBERHARD KARLS  
UNIVERSITÄT  
TÜBINGEN



# Wie funktioniert Wahrnehmung?

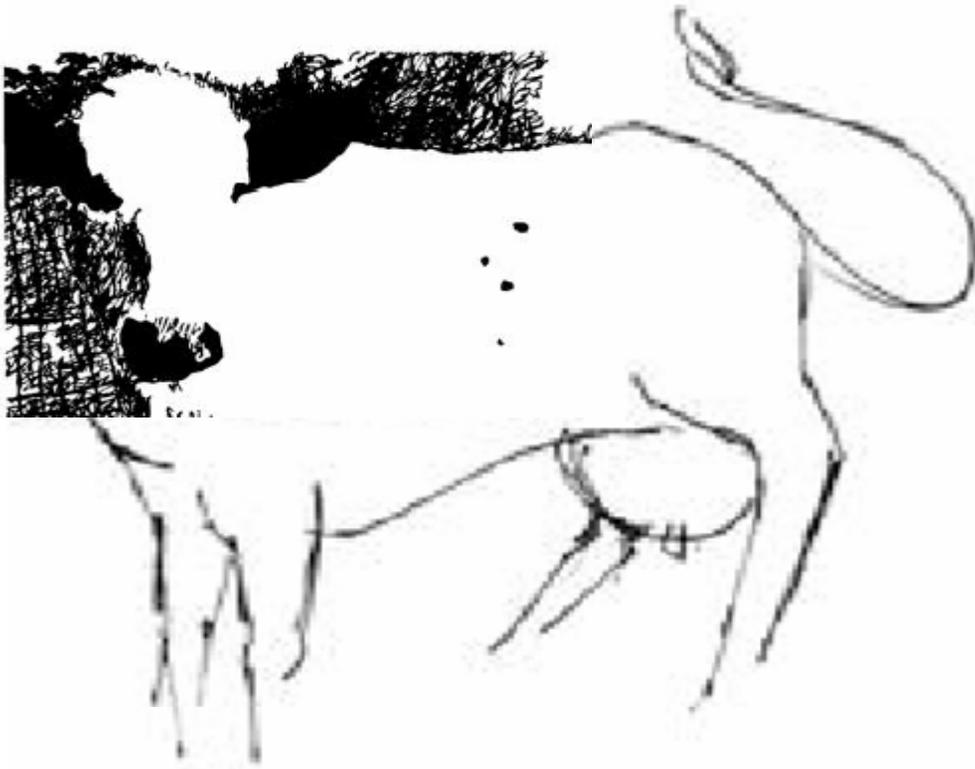
- Was sehen sie hier in diesem Bild?



Auflösung jetzt

# Wie funktioniert Wahrnehmung?

- Ein paar Linien lösen das Rätsel



# Wie funktioniert Wahrnehmung?

- Was sehen sie jetzt?



- Wahrnehmung ist ein Vergleich mit einer internen Repräsentation (Gedächtnis)
- Auch das Sehen muss gelernt werden

# Dalmatiner Suchbild



# Dalmatiner Suchbild



# Dalmatiner Suchbild



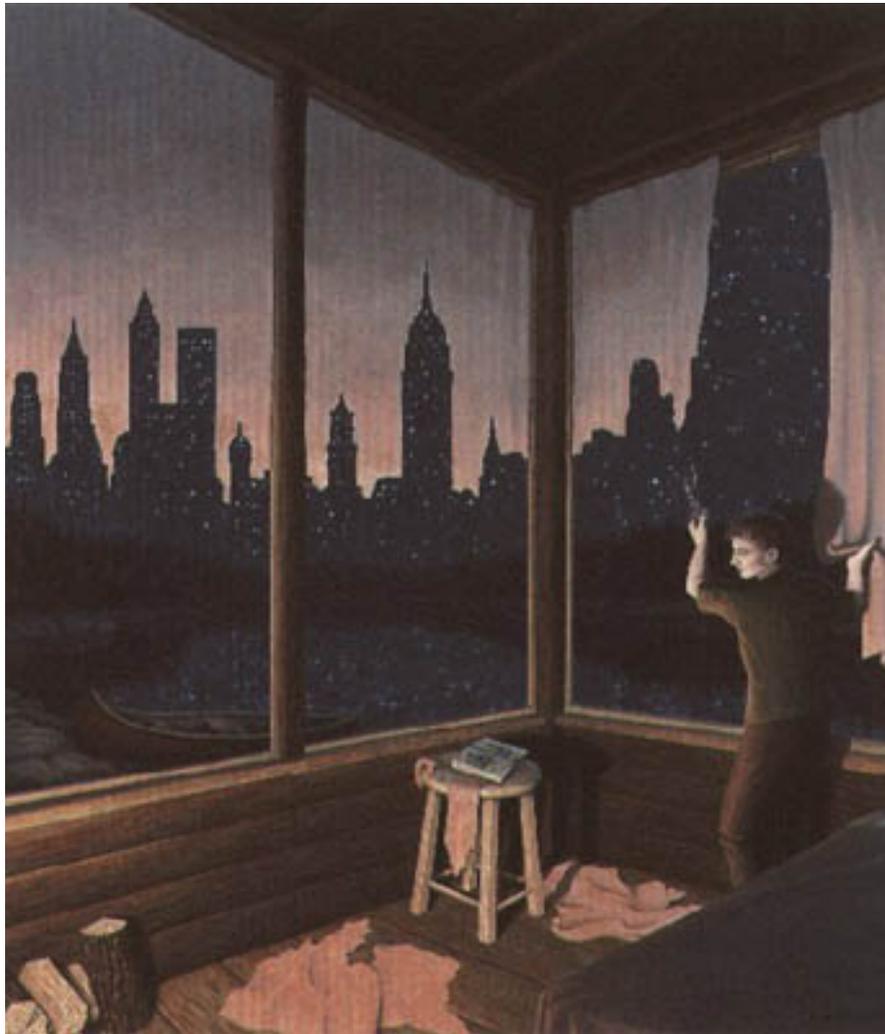
# Wo ist der Hund ?



P. Sinha & T. Adelson (1997)

- Manche Leute verlassen sich zu sehr auf ihre Erfahrung und halluzinieren den Dalmatiner
- Das sollten wir bei der Konstruktion von Robotern vermeiden, denn wenn die Maschinen anfangen zu halluzinieren...

# Fixierbilder der Wirklichkeit



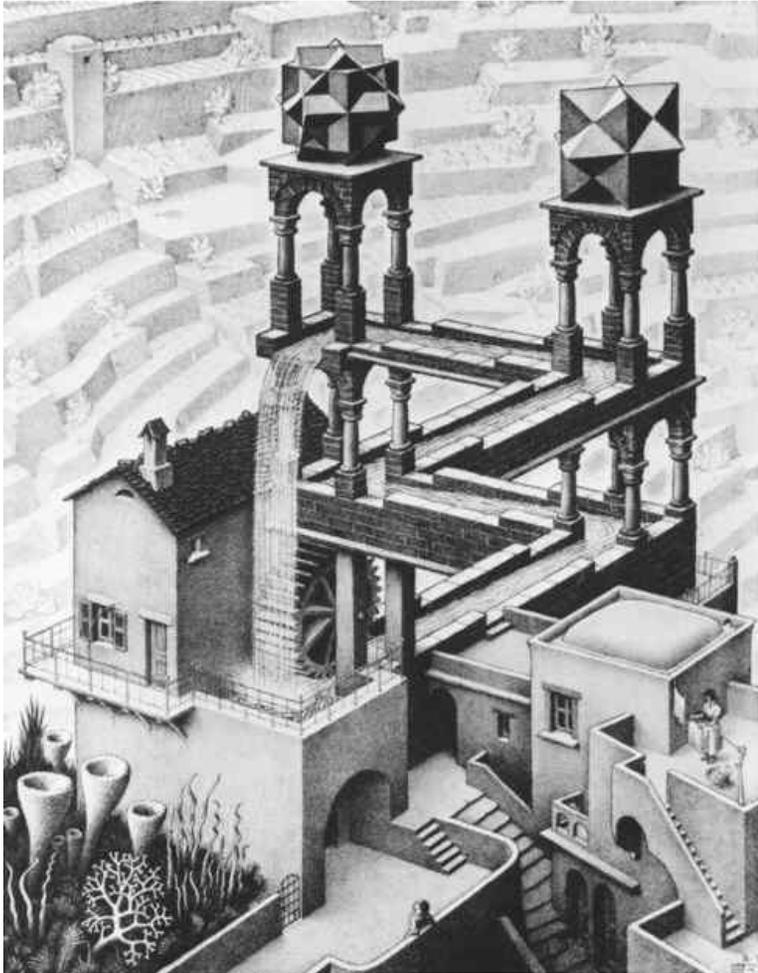
Gonsalves – *A change of scenery*

# Fixierbilder der Wirklichkeit

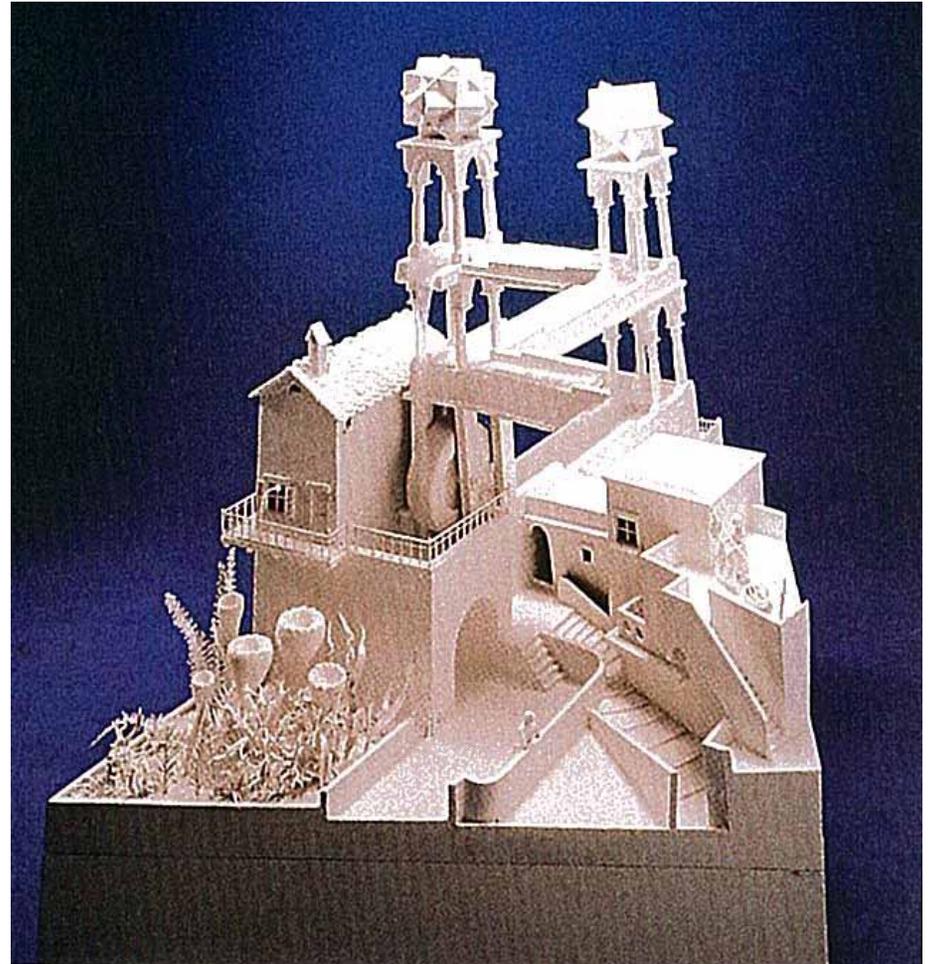


Gonsalves – *Sunsets sail*

# Fixierbilder der Wirklichkeit



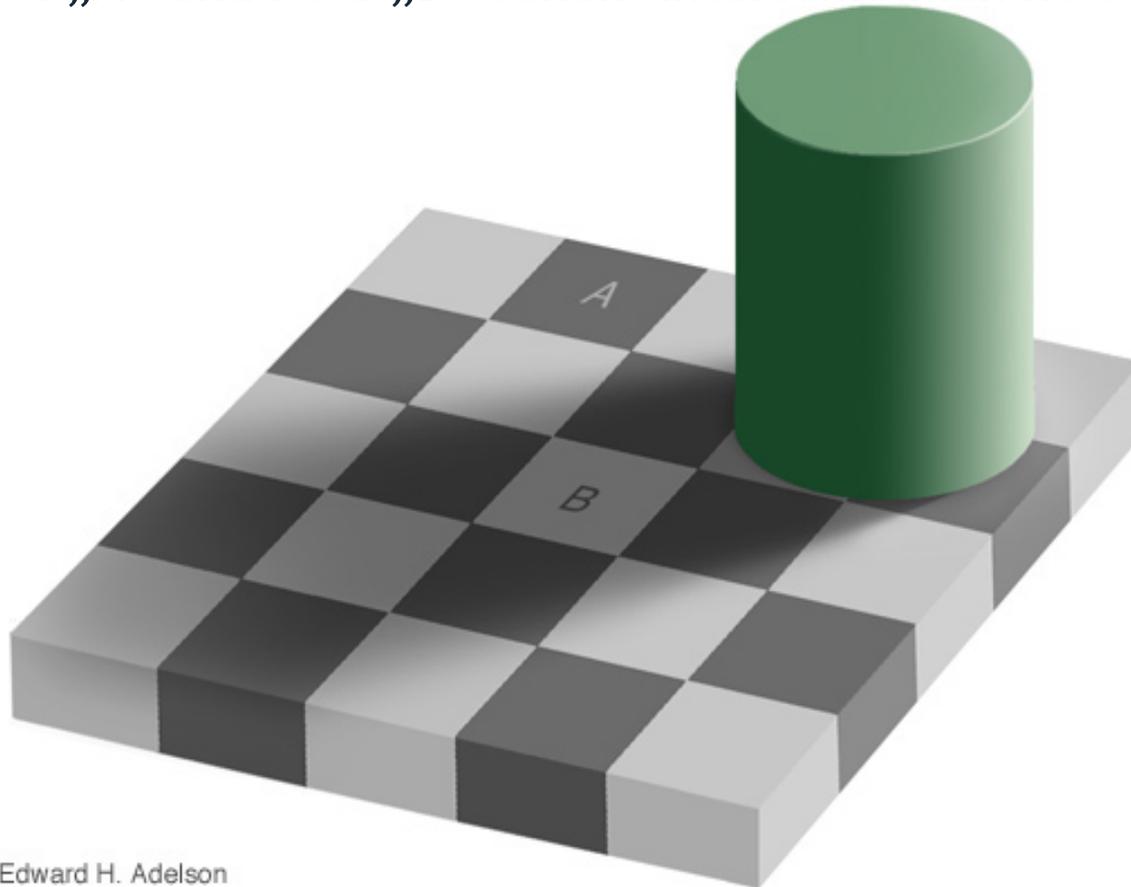
Escher - *Wasserfall*



Fukuda - *Wasserfall*

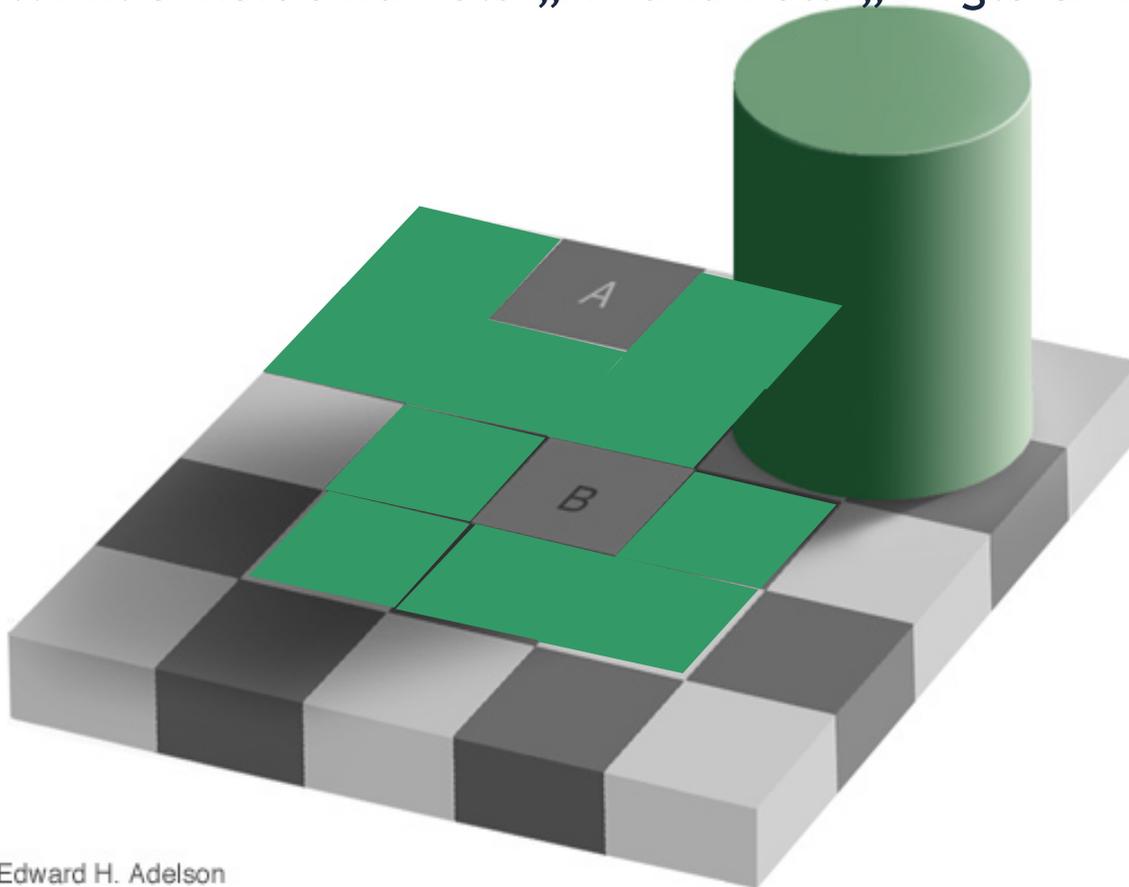
# Wahrnehmung

- Wahrnehmung ist nicht immer „wahr“  
(Feld „A“ und Feld „B“ sehen unterschiedlich hell aus)



# Wahrnehmung

- Wahrnehmung ist nicht immer „wahr“  
(in Wirklichkeit sind Feld „A“ und Feld „B“ gleich hell)



# Formwahrnehmung durch Schattierung

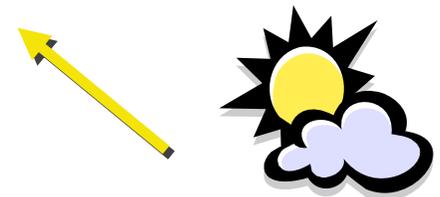
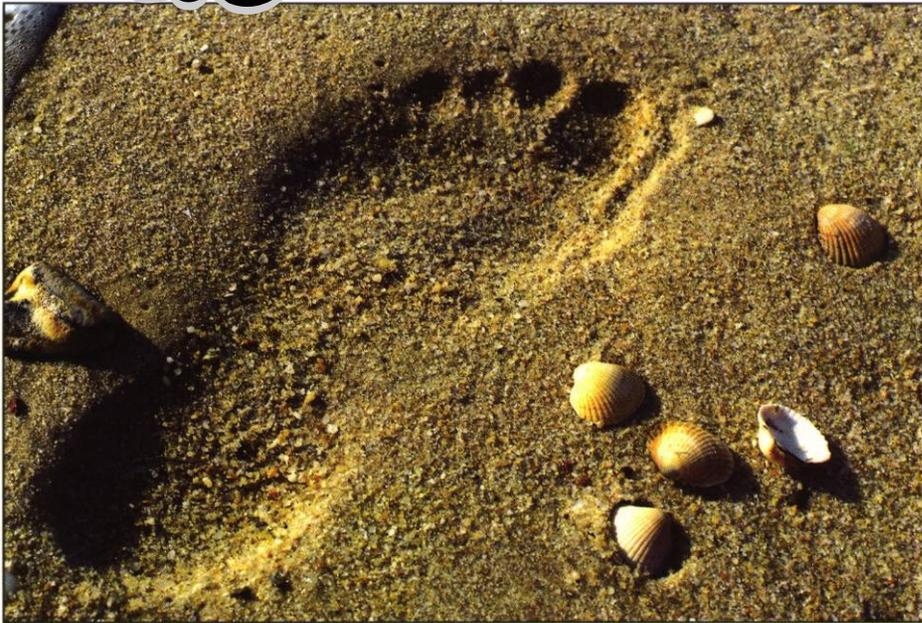
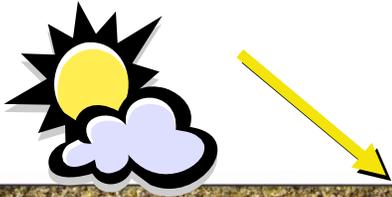




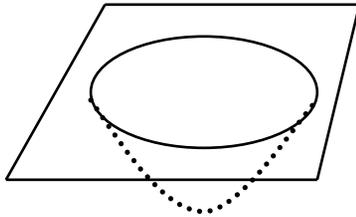
# Auf den Kopf gestellt



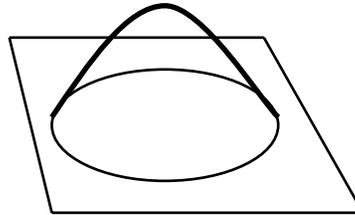
# Beleuchtungsrichtung



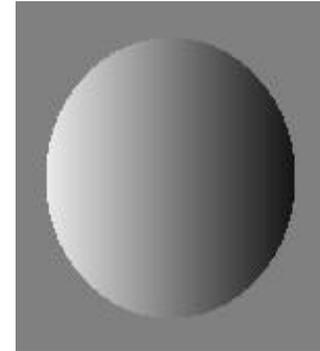
# Tiefenumkehr in Bildern



Tal

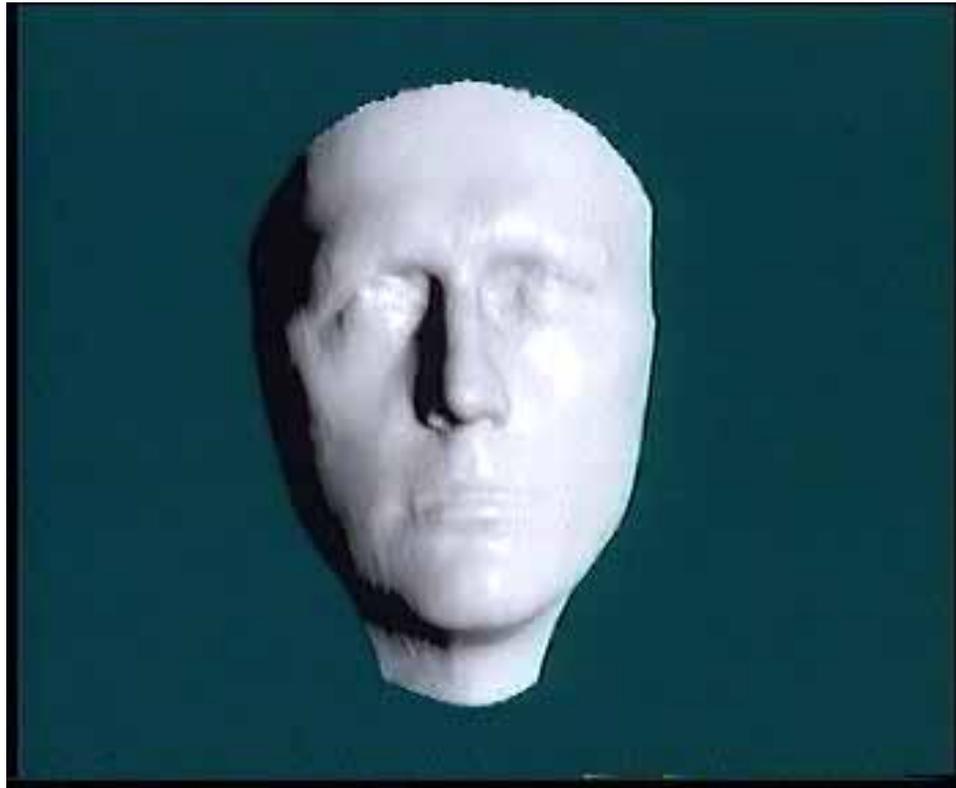


Hügel



- Unterschiedliche 3D Strukturen ergeben das gleiche 2D Bild. Um das Bild richtig zu interpretieren, muss das Gehirn Annahmen über die Welt machen.

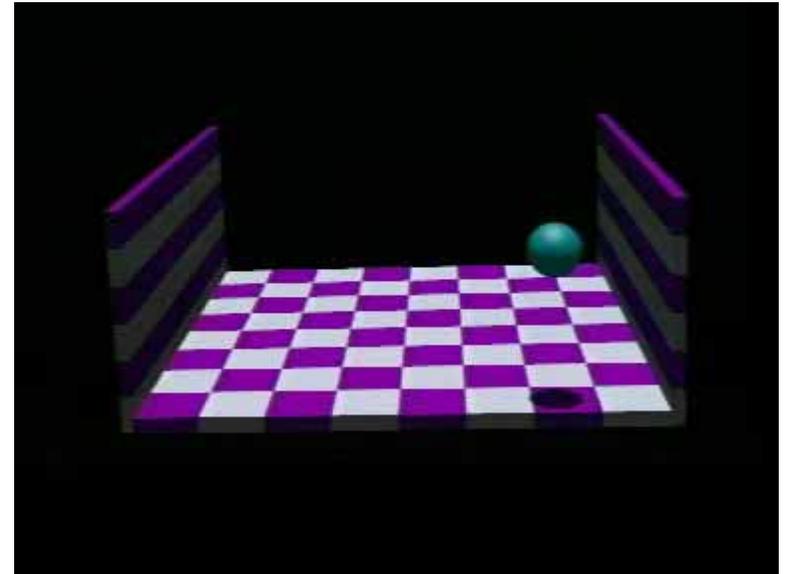
# Hohlmasken Illusion



Siehe Installation im Max Planck Haus

# Tiefenwahrnehmung durch Schatten

Isabelle Bühlhoff & Dan Kersten



- Schatten erlauben Tiefenwahrnehmung von Objekten ohne beidäugiges Sehen (Stereoskopie).
- Das Gehirn geht von ruhenden Lichtquellen aus. Die Sonne wandert nur sehr langsam.

# Die Formel der Wirklichkeit

- Die Wahrscheinlichkeitstheorie von Bayes (1783) erlaubt uns, die vielen möglichen Interpretationen durch *a priori* angenommene Wahrscheinlichkeiten zu reduzieren:

$$\mathbf{P(\text{Szene} \mid \text{Bild})} \sim \mathbf{P(\text{Bild} \mid \text{Szene})} \mathbf{P(\text{Szene})}$$

**P(Bild | Szene):** Physik der Abbildung (Linse im Auge)

**P(Szene):** *a priori* Wahrscheinlichkeit der Szene  
Annahmen über Geometrie, Licht, Material

- Die Annahmen über die Welt ändern sich mit der Erfahrung, daher sehen Kinder die Welt anders als die Erwachsenen.  
„Von Teilen zum Ganzen“

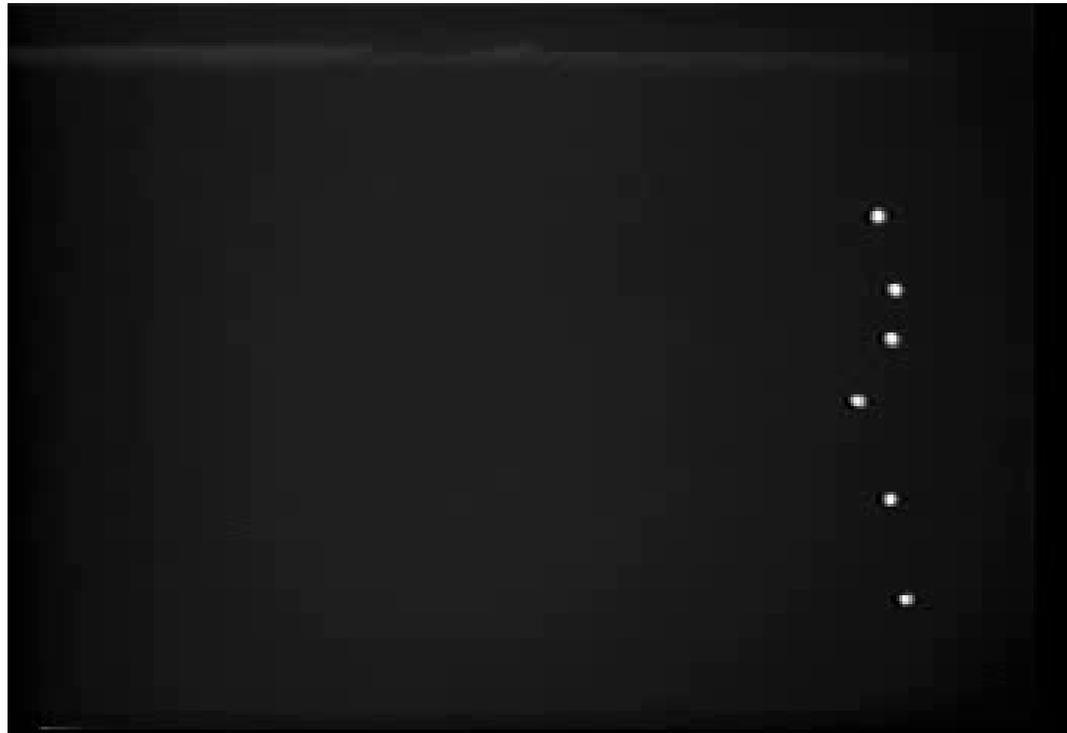


# Die Formel der Literatur?

- Wichtige Aspekte für eine solche Formel:
  - Autor
  - Erzähler
  - Leser
  - Text
  - Dichotomien
  - Vieldeutigkeiten
  - Mehrdimensionalität

# Minimale Repräsentation

Gunnar Johansson (1911-1998)



# Minimale Repräsentation in Kunst und Literatur



Petroglyphs



Kafka – Zeichnungen

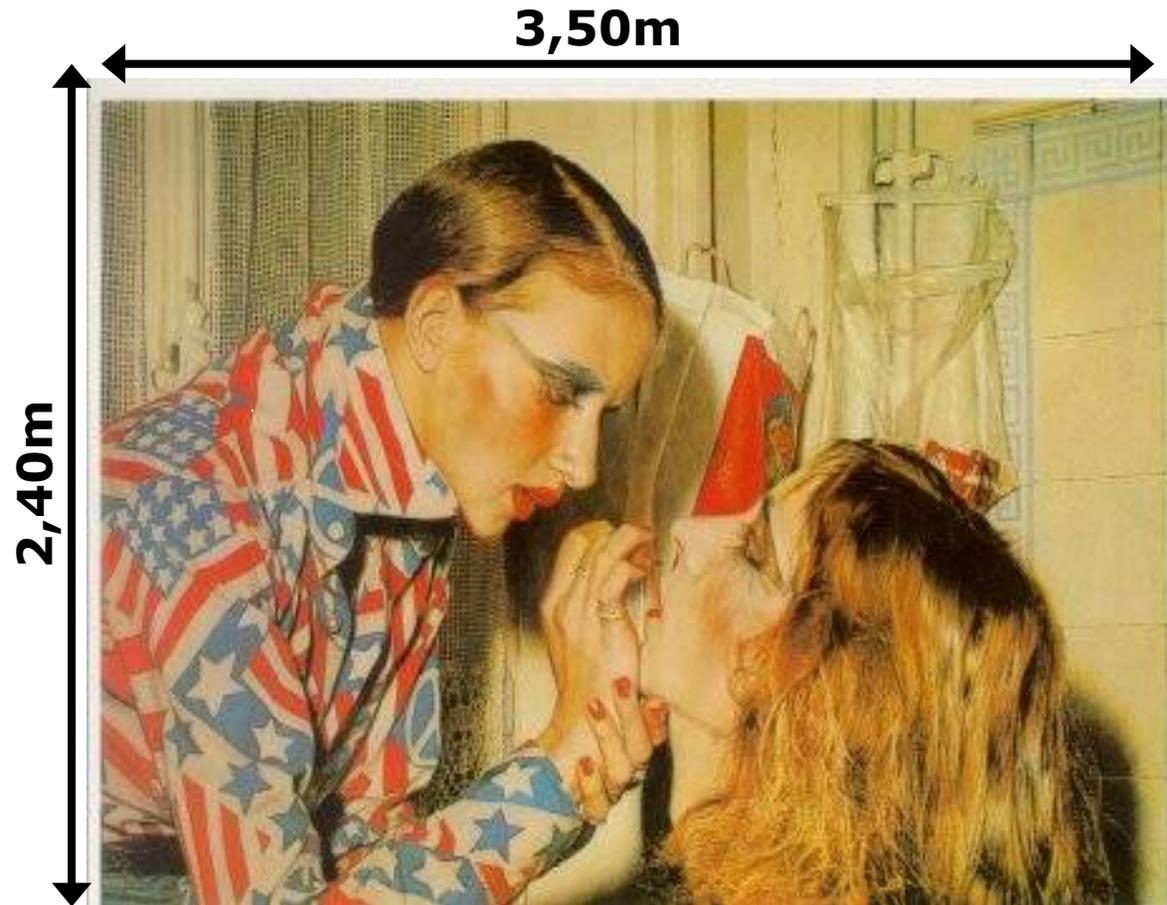


Matisse – *Blauer Akt*

# Maximale Repräsentation in Kunst und Literatur



Duane Hanson - *The Traveller*



Franz Gertsch - *Marina schminkt Luciano*  
(Tübinger Kunsthalle, 15.7.-1.10.2006)

# Synthetische Schauspieler

Volker Blanz und Thomas Vetter



# Lernen aus Beispielen

## Tübinger 3D Gesichter-Datenbank



# Application to Images

# Mona Lisa Variationen



weiblicher



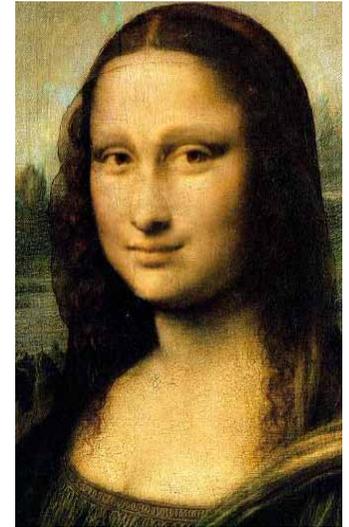
männlicher



freundlicher



attraktiver





# Wahrnehmung in Literatur und Film

- Ein Film von Tina Gößling, Jan Kühnel, Andreas Lampert (Komparatistik, Universität Tübingen), Manfred Nusseck (Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik)
- Wird im Anschluss hier und im obersten Stockwerk des Cyberneums gezeigt



8

6

X

X

5

4

10

9

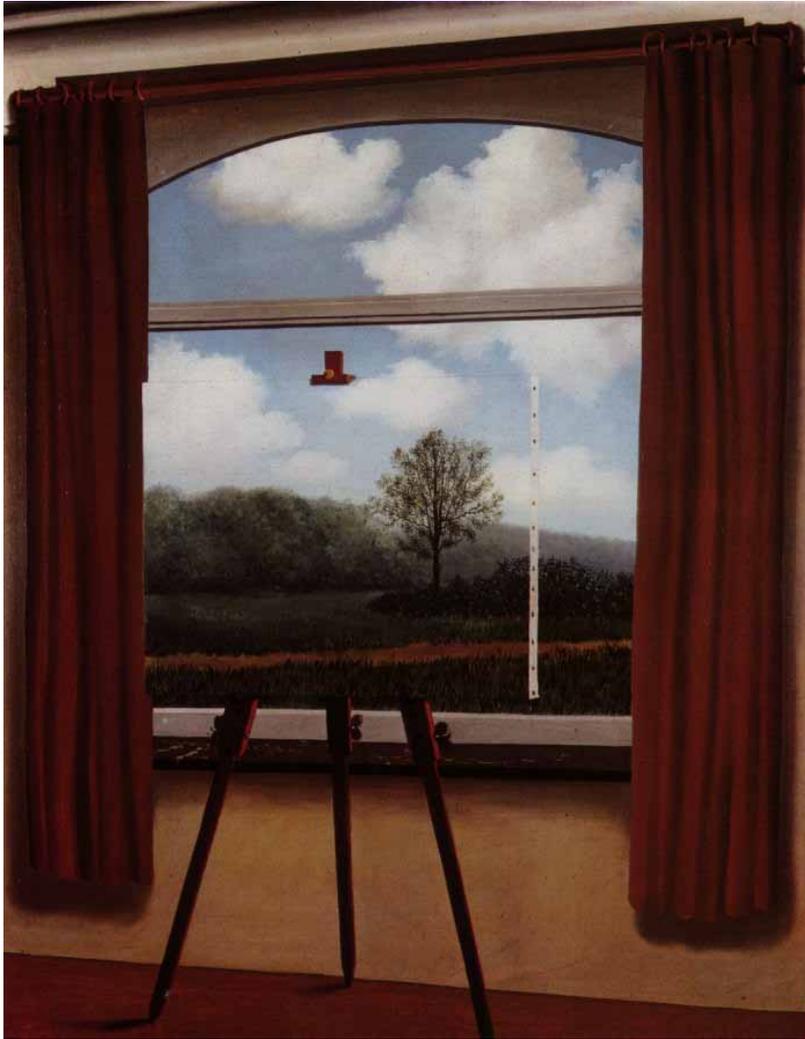
1

2

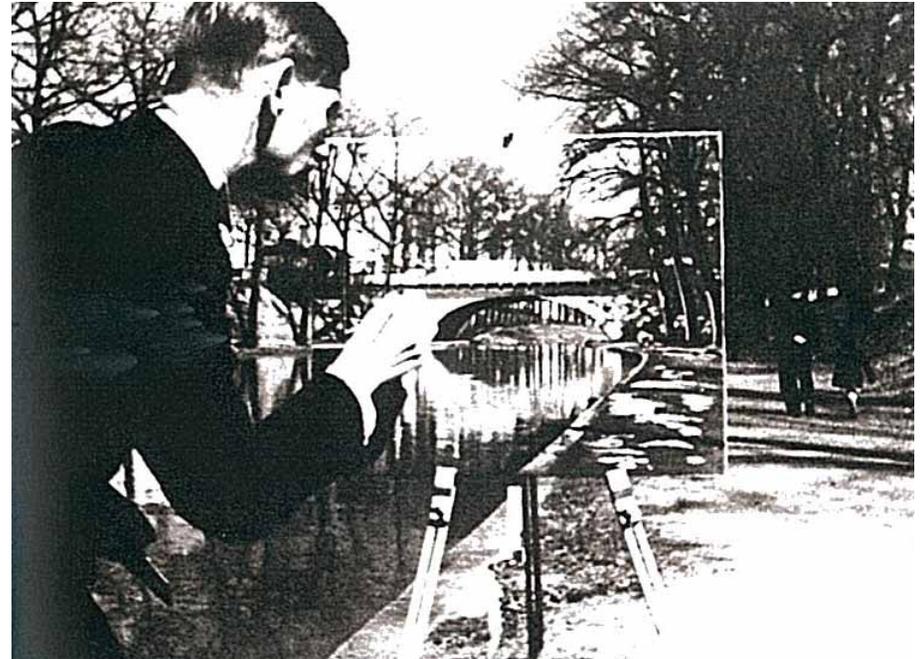
3

Isabelle Bulthoff  
MPI f. biol. Cybernetics  
Tübingen, Germany

# Verfremdung von Objekten



Magritte - *Beschaffenheit*

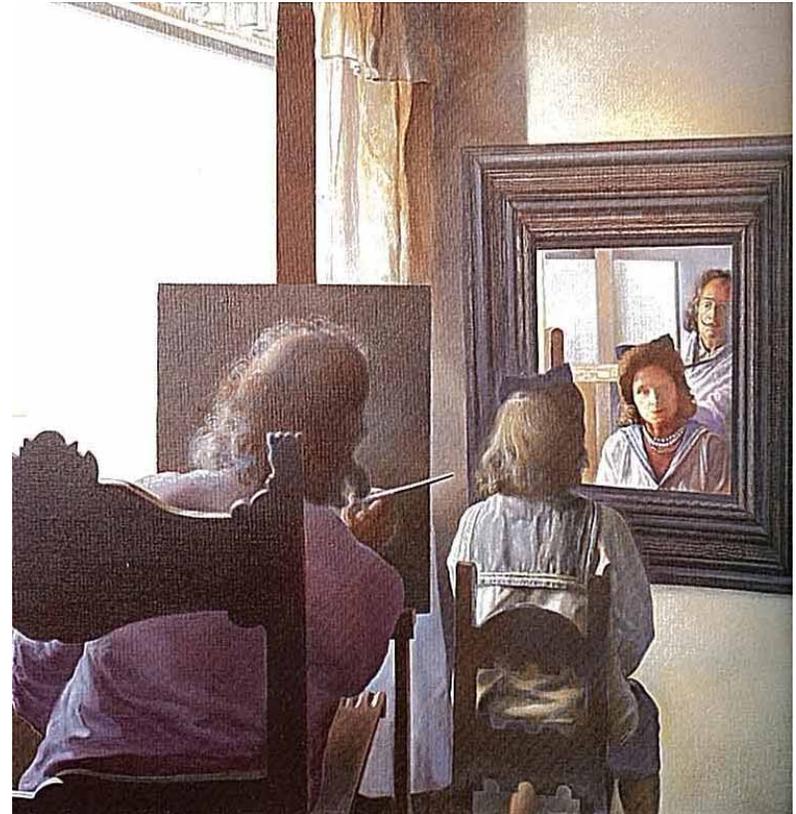


*C'est ci n'est pas une Magritte*

# Verfremdung von Objekten



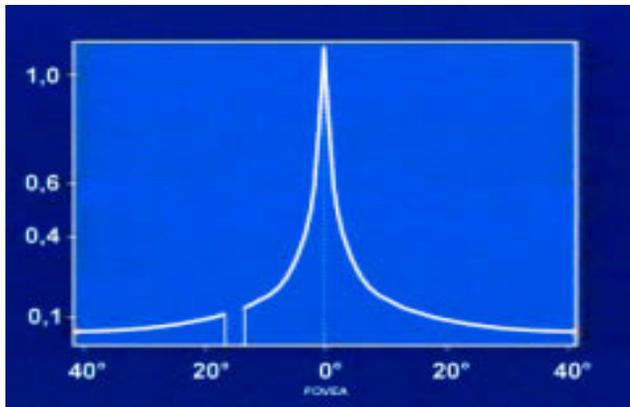
Dali – *Lebendes Stilleben*



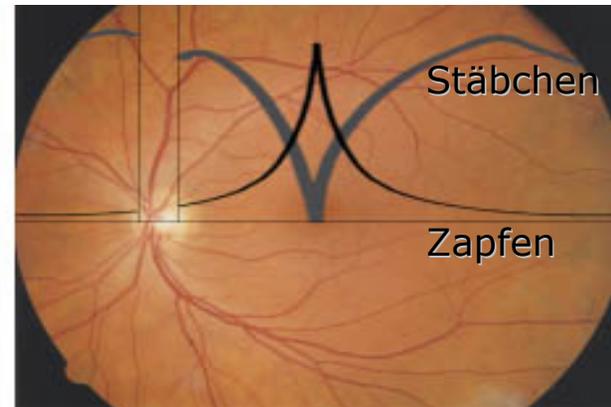
Dali – *(unvollendet)*

# Die Welt im Kopf ist eine Illusion

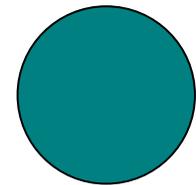
## Sehschärfe



## Rezeptordichte



- Scharfes Sehen nur in der Fovea (1-2 Grad)
- Gesichtsfeld beider Augen ist 180 Grad.
- Dennoch nehmen wir auch außerhalb von 2 Grad die Welt als scharfes Abbild wahr.
- Die Welt im Kopf wird rekonstruiert aus vielen Moment-Aufnahmen durch sakkadische Augenbewegungen



# Trans-sakkadisches Gedächtnis

Ron Rensink, UBC Vancouver



# Trans-sakkadisches Gedächtnis

Ron Rensink, UBC Vancouver





# Trans-sakkadisches Gedächtnis

Ron Rensink, UBC Vancouver





# Die Welt im Kopf

- Da sich die Umwelt in der Regel nicht während einer Augenbewegung ( $<100\text{ms}$ ) verändert, brauchen wir sie auch nicht vollständig abzuspeichern, sondern immer nur den Teil dem unsere Aufmerksamkeit gilt.
- **Die beste Repräsentation der Welt ist die Welt selbst.**

# Abschlussgedanken

Georg Büchner - *Lenz* (1835)

- “Die Dichter, von denen man sage, sie geben die Wirklichkeit, hätten auch keine Ahnung davon; doch seien sie immer noch erträglicher als die, welche die Wirklichkeit wollten.”
- “Die schönsten, innigsten Bilder [...] geben kaum eine Ahnung davon. Man möchte manchmal ein Medusenhaupt sein, um so eine Gruppe in Stein verwandeln zu können, und den Leuten zurufen. Sie standen auf, die schöne Gruppe war zerstört; aber wie sie so hinabstiegen, zwischen den Felsen, war es wieder ein anderes Bild.”