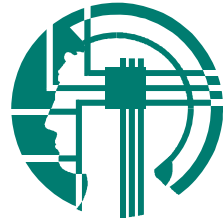
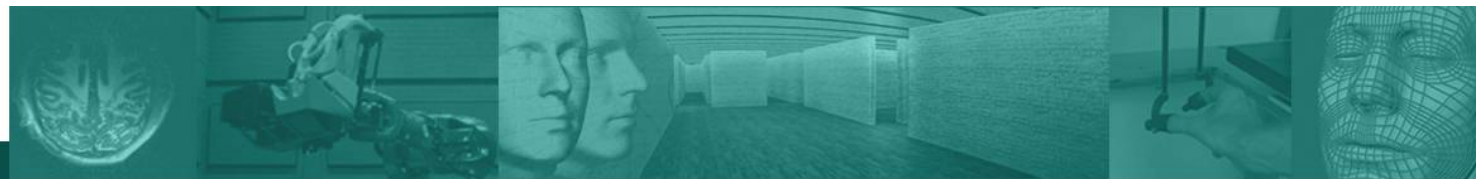


Sehen in Natur und Technik oder Wie kommt die Welt in den Kopf und was können Architekten damit anfangen

Heinrich H. Bühlhoff



MPI FOR BIOLOGICAL CYBERNETICS

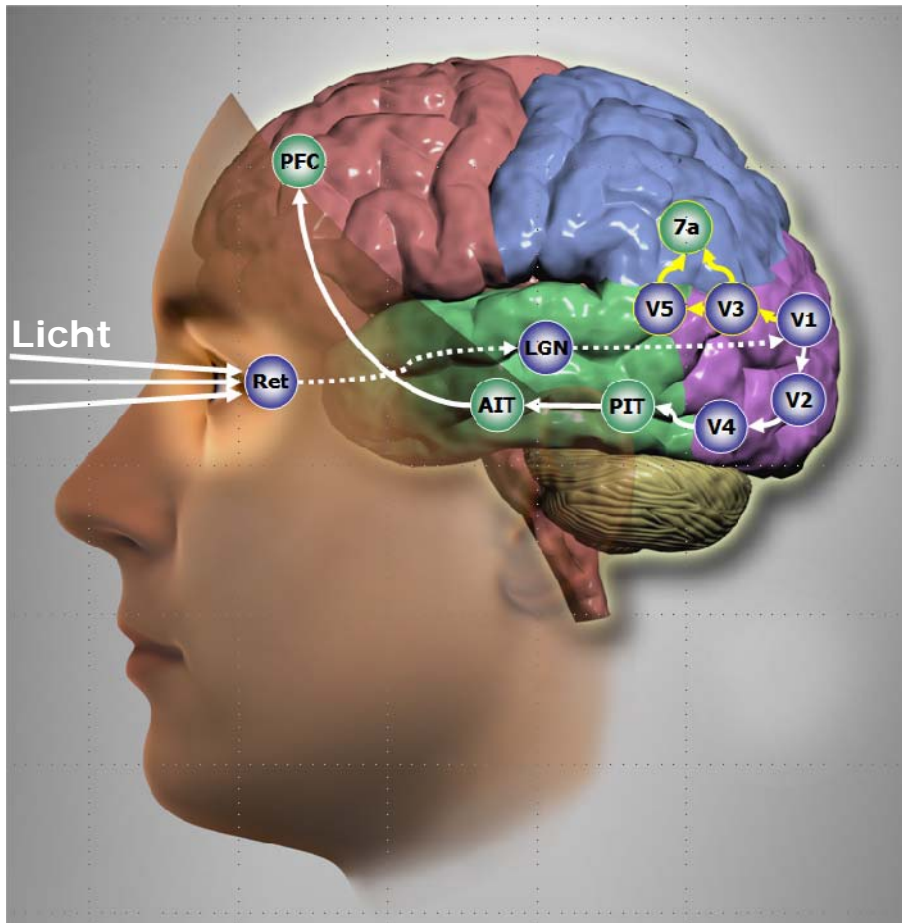




Überblick

- Wie kommt die Welt in den Kopf ?
- Sehen ist ein unterbestimmtes Problem
 - vom 2D Bild zur 3D Welt ist nicht eindeutig
 - Visuelle Illusionen (Demonstrationen)
- Wahrnehmung ist nur möglich mit Weltwissen
 - Wahrscheinlichkeitstheorie von Bayes
- Wie erkennen wir Objekte?
- Anwendung
 - Synthetische Schauspieler
- Die Welt im Kopf ist eine Illusion

Der Weg zur Wahrnehmung



- Sensorik
 - unsere Sinne liefern uns die Messwerte über die Außenwelt
- Gehirn
 - Im Gehirn werden die Sinnes-Informationen in verschiedenen Gehirnarealen verarbeitet und im Gedächtnis gespeichert
- Wahrnehmung
 - basiert auf dem kontinuierlichen Vergleich zwischen der Information über die Außenwelt und einer Innenwelt, die von Geburt an durch Erfahrung gebildet wird



Der Weg aus dem Kopf heraus

- Literatur als Transportmedium von Realitäten
- „Die Innenwelt der Außenwelt der Innenwelt“ (Peter Handke, 1969)
- Sprache als 7. Sinn?
- Architektur !!!

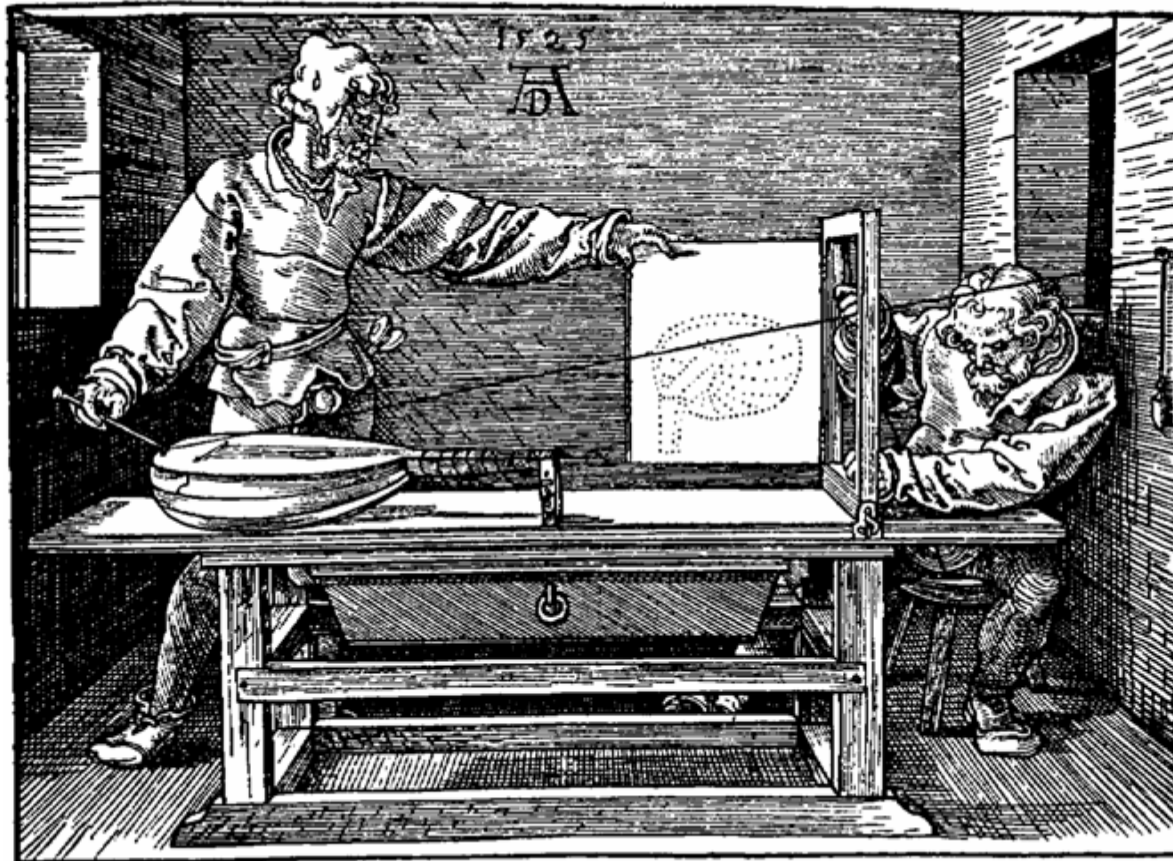


Sehen ist im Prinzip unmöglich

mathematisch ist es ein unterbestimmtes Problem

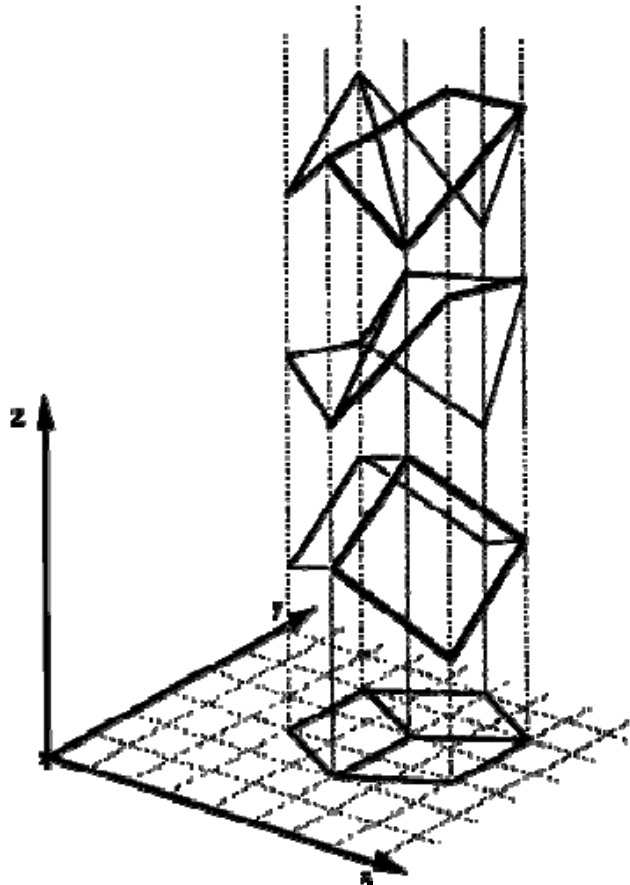
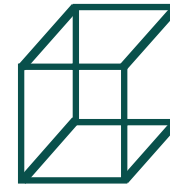
- Auge: 3D Außenwelt → 2D Netzhautbild
- Gehirn: 2D Netzhautbild → 2D/3D Innenwelt
- Rekonstruktion der 3D Welt aus der 2D Abbildung ist ein unterbestimmtes Problem, das nur durch gelerntes oder angeborenes Vorwissen über die Welt lösbar ist.
- Sehen = inverse Optik + Erfahrung

3D nach 2D ist eindeutig





2D nach 3D ist mehrdeutig



- 2D Abbildung entspricht vielen 3D Objekten
 - Verschiebung entlang der Projektionsstrahlen lässt das Bild unverändert
- Gehirn wählt einfache Interpretation (Vorwissen)
 - geringe Variation der Winkel
 - möglichst planare Flächen
 - möglichst kompakte Form



Der Beuchet Stuhl

Die dritte Dimension geht verloren

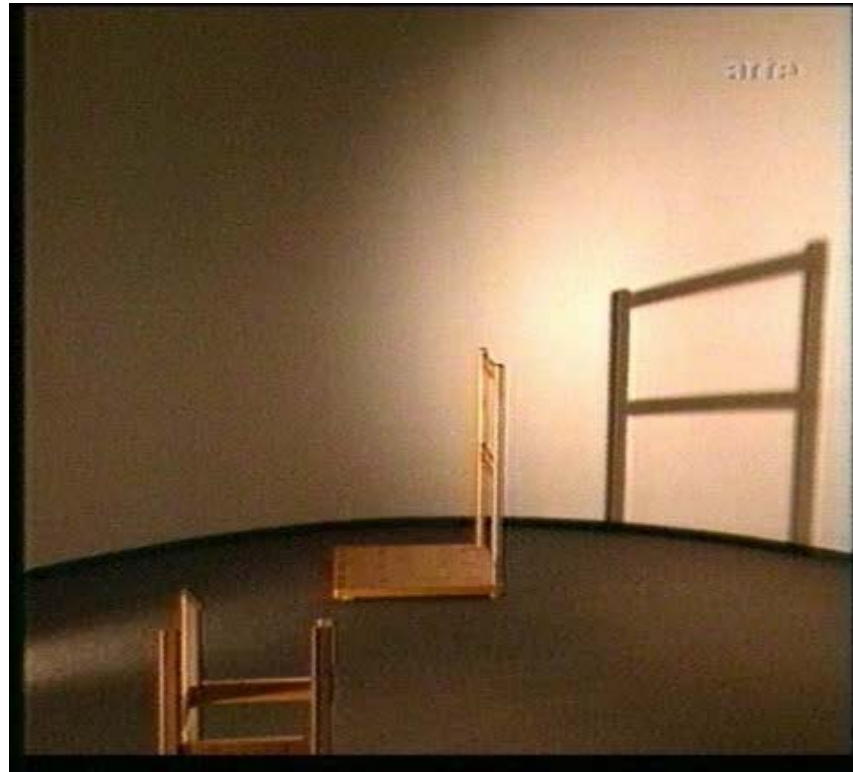
- nur von einem einzigen Blickpunkt werden die entfernten Teile als zusammengehörig gesehen





Der Beuchet Stuhl

Die Bedeutung der richtigen Perspektive





Der Beuchet Stuhl

Nur Zwerge werfen große Schatten

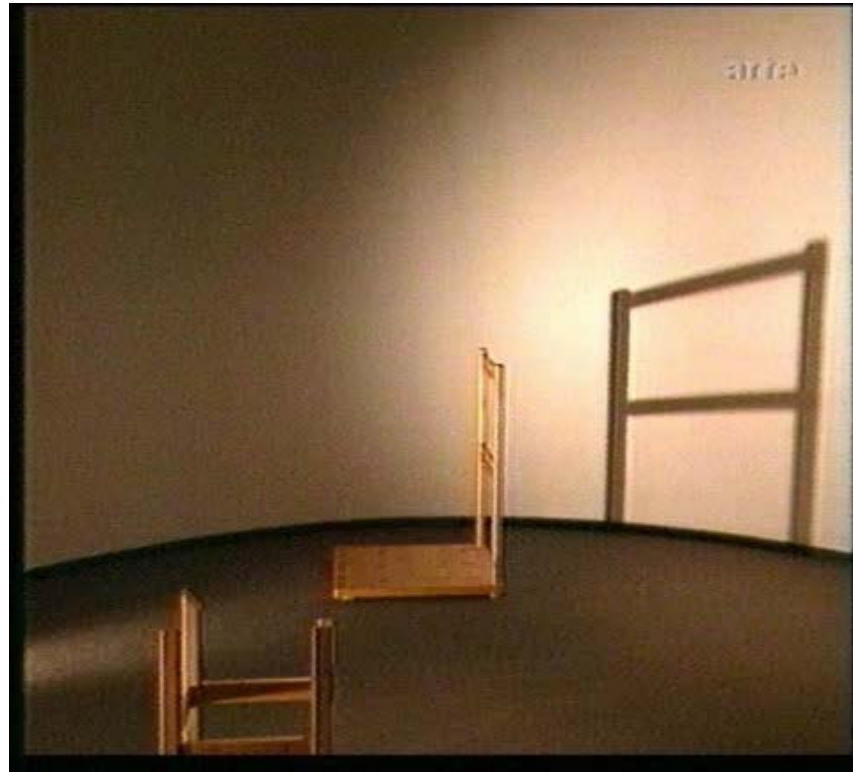
- Schatteninformation wird ignoriert
- Verdeckung löst das Wahrnehmungsrätzel





Der Beuchet Stuhl

Die Bedeutung der richtigen Perspektive





Wie funktioniert Wahrnehmung?

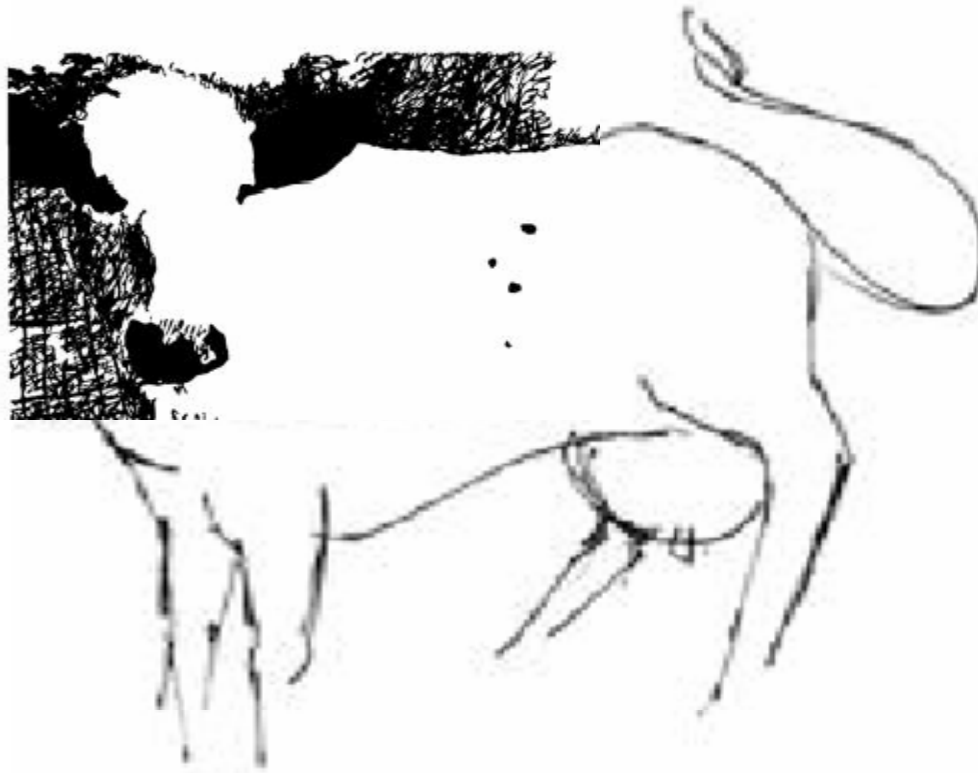
- Was sehen sie hier in diesem Bild?





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...

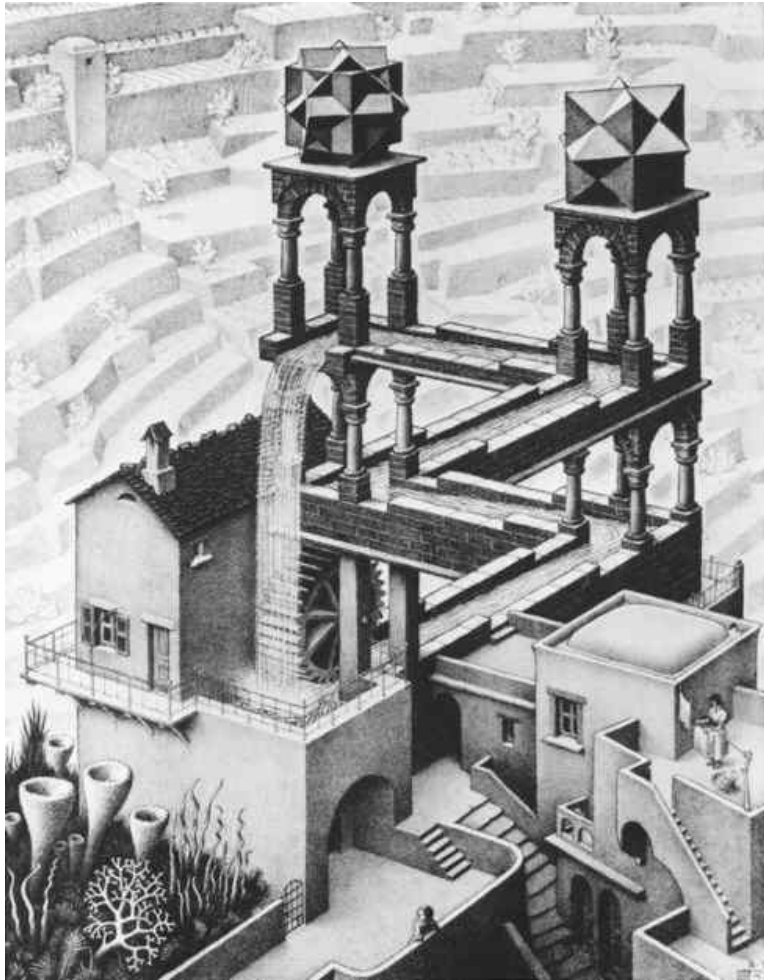


Fixierbilder der Wirklichkeit

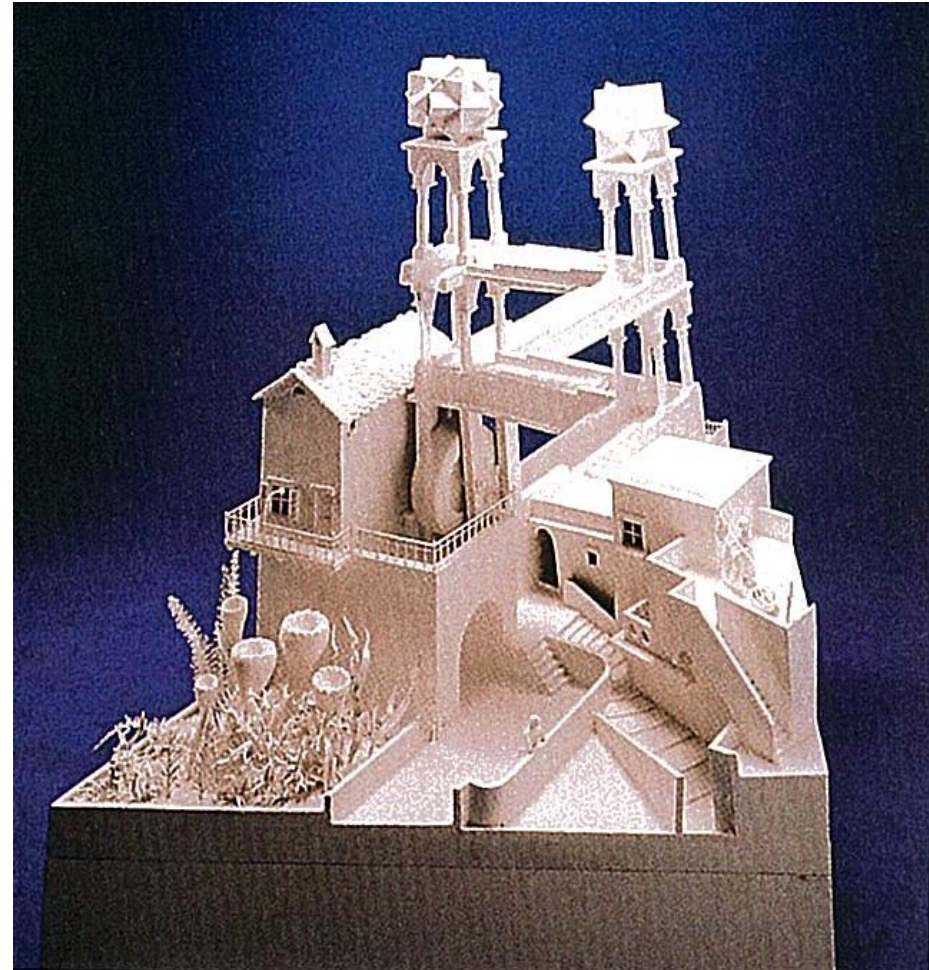


Gonsalves – *Sunsets sail*

Fixierbilder der Wirklichkeit



Escher – *Wasserfall*, 1961



Fukuda – *Holzmodell*, 1965



Fixierbilder der Wirklichkeit



Fukuda – *Holzmodell*, 1965



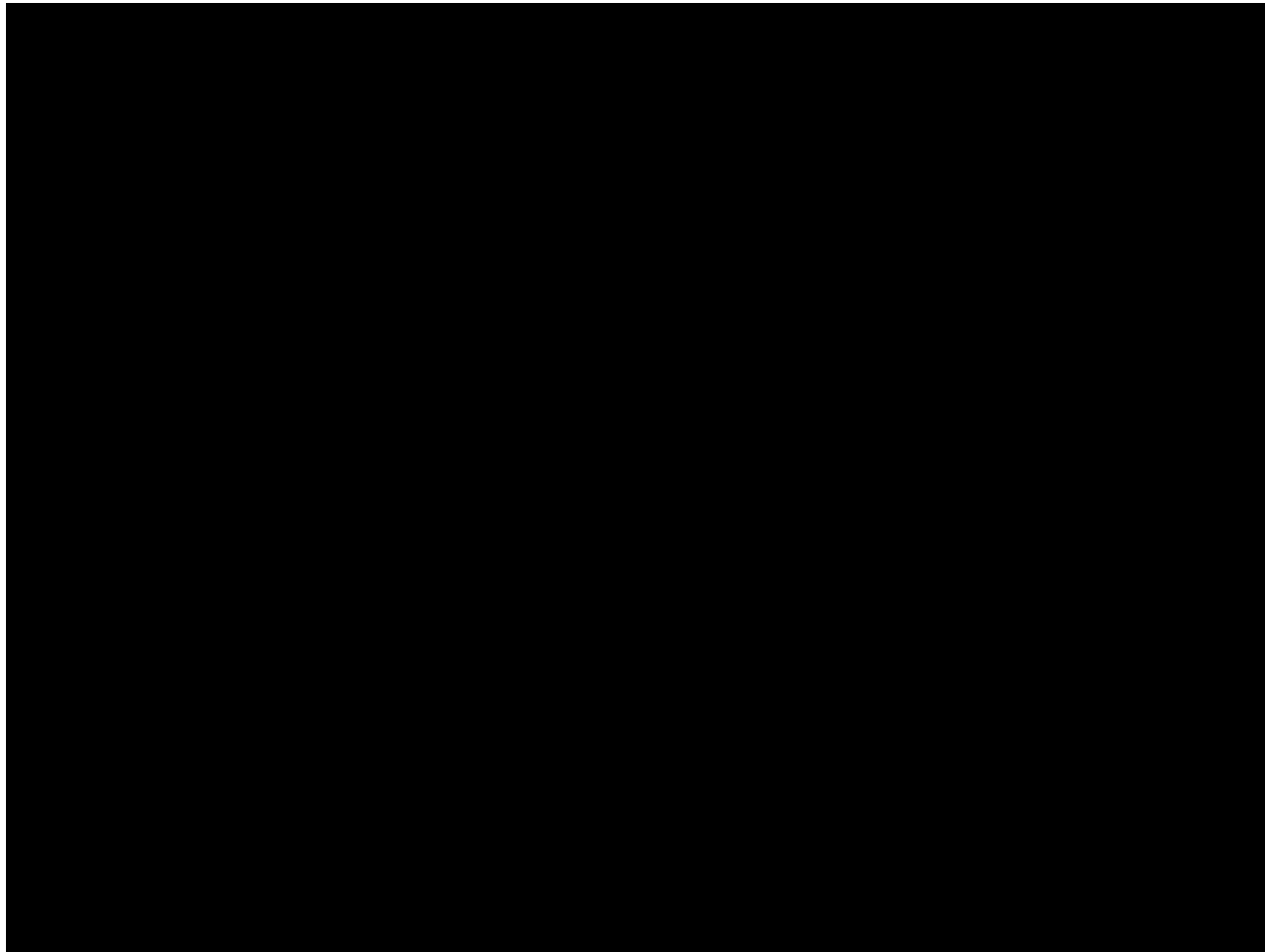
Sein und Schein



Fukuda - *Piano-Illusion*



Sein und Schein

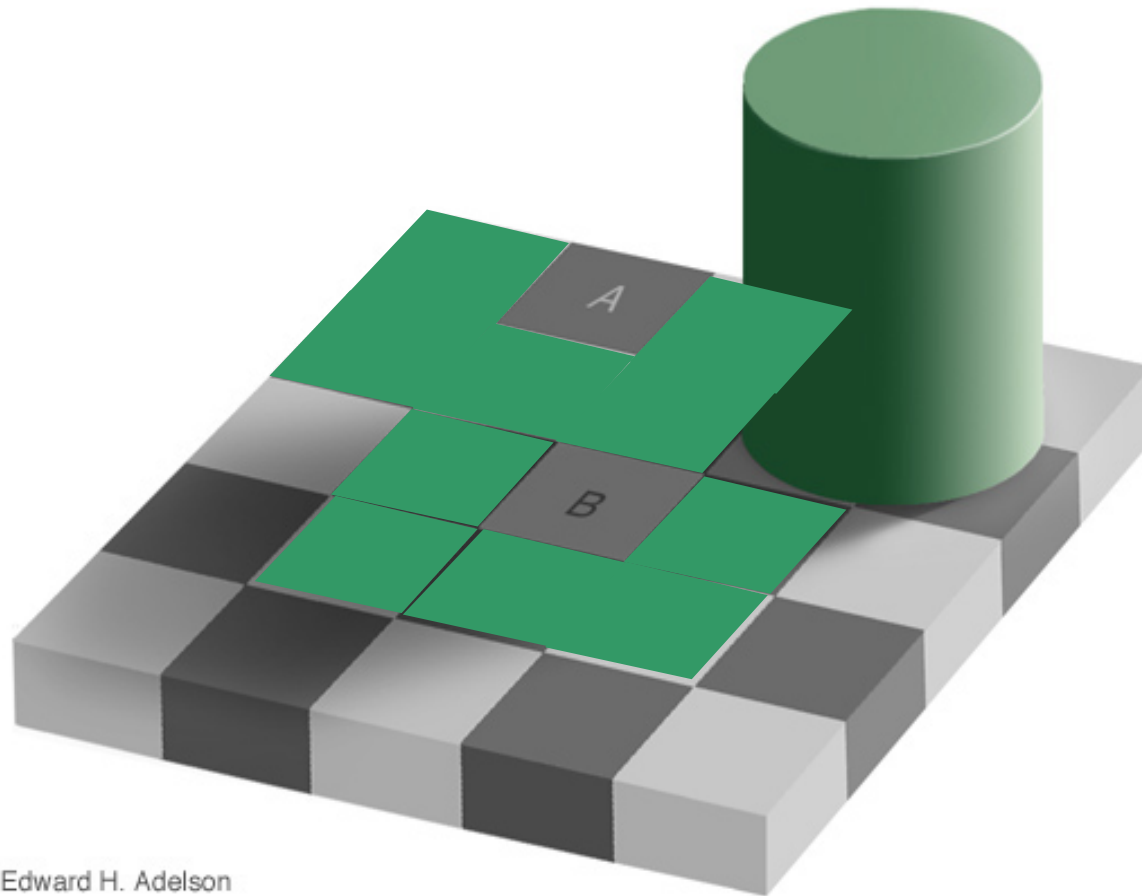


Fukuda - *Piano-Illusion*



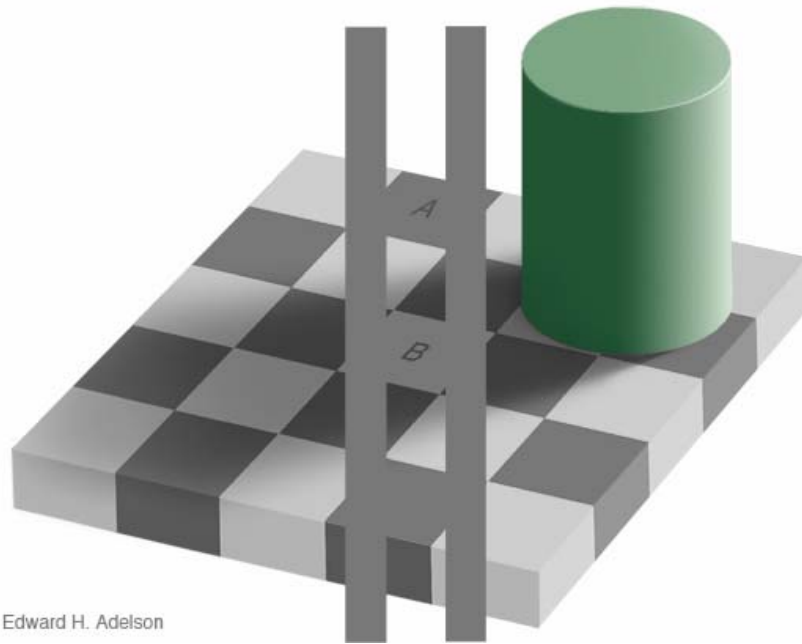
Wahrnehmung

- Wahrnehmung ist nicht immer „wahr“



Edward H. Adelson

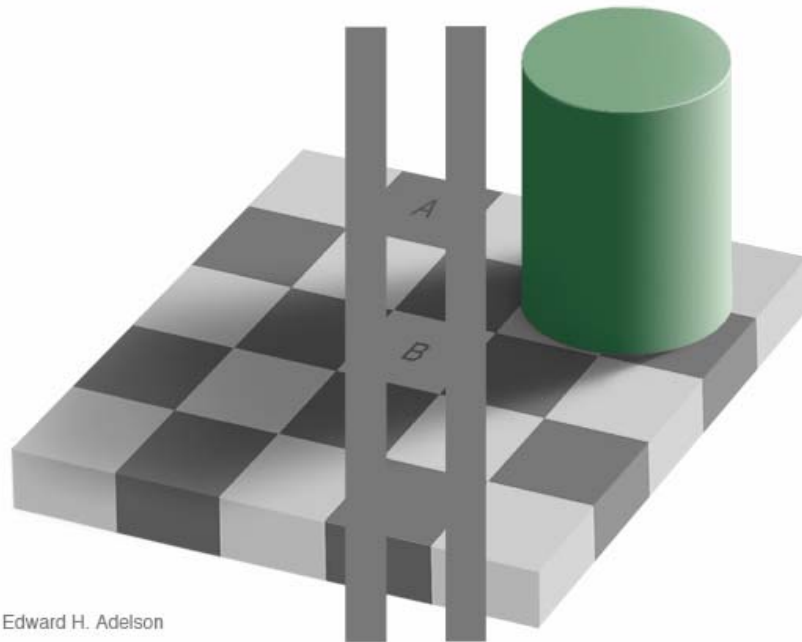
Wahrnehmung



Edward H. Adelson

- *Auch diese Illusion zeigt weniger eine Fehlfunktion unseres Gehirns als dessen "Genialität".*
- *Das visuelle System ist kein physikalisches Lichtmessgerät aber das ist auch nicht der Sinn.*
- *Die Aufgabe des Gehirns ist eher die Szene in informative Teile zu zerlegen, um dadurch die Objekte in der Szene zu erkennen.*

Wahrnehmung



Edward H. Adelson

- *As with many so-called illusions, this effect really demonstrates the success rather than the failure of the visual system. The visual system is not very good at being a physical light meter, but that is not its purpose. The important task is to break the image information down into meaningful components, and thereby perceive the nature of the objects in view.*
- *Ted Adelson*



Formwahrnehmung durch Schattierung



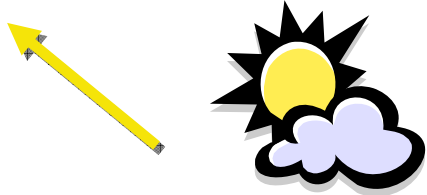
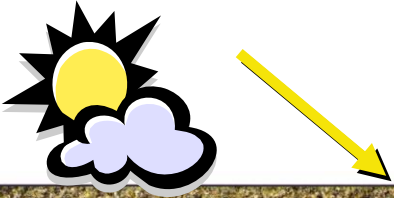


Auf den Kopf gestellt



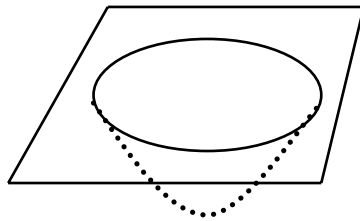


Beleuchtungsrichtung

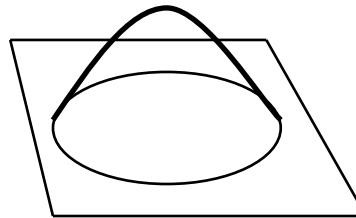




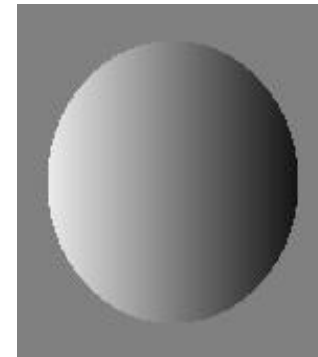
Tiefenumkehr in Bildern



Tal



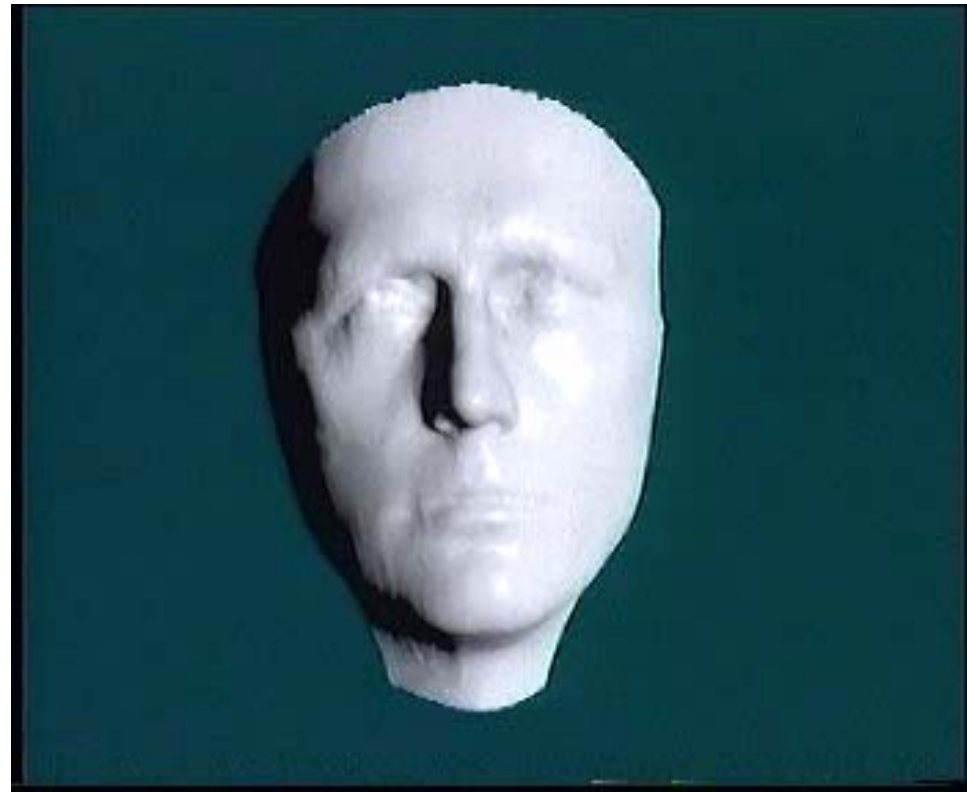
Hügel



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



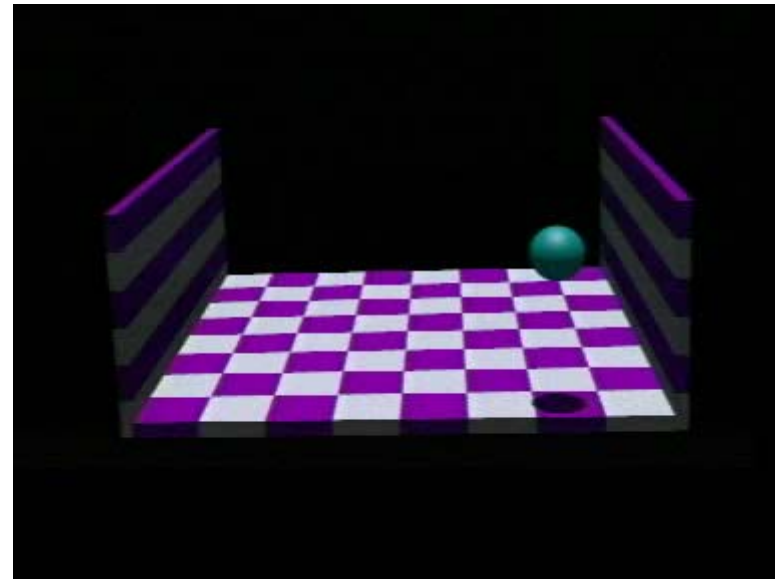
Hohlmasken Illusion





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:

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

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)

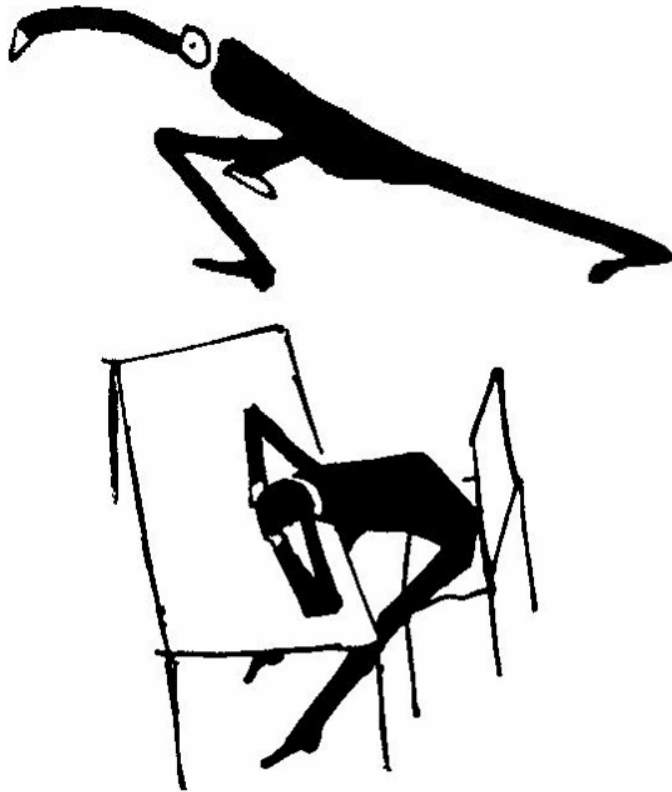




Minimale Repräsentation in Kunst und Literatur



Petroglyphs



Kafka – Zeichnungen



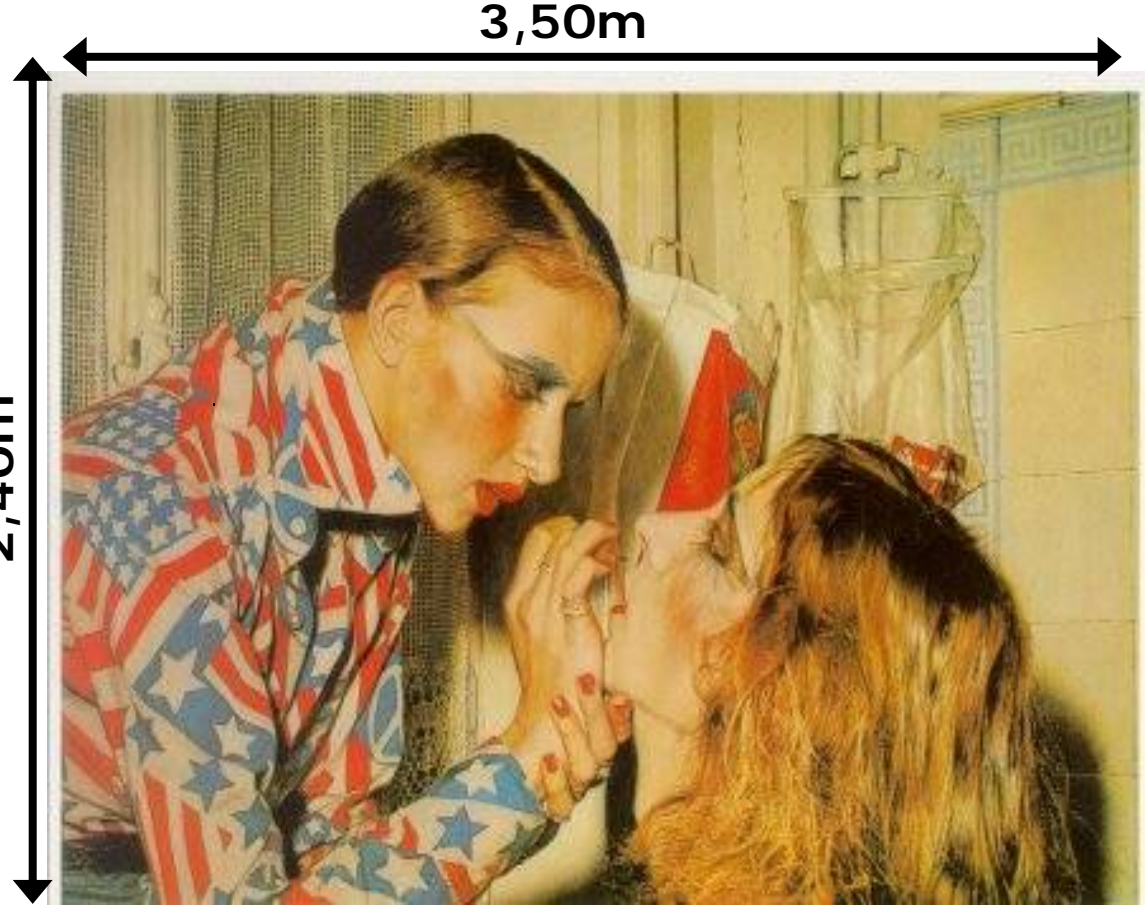
Matisse – *Blauer Akt*



Maximale Repräsentation in Kunst und Literatur



Duane Hanson - *The Traveller*



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



Synthetische Schauspieler

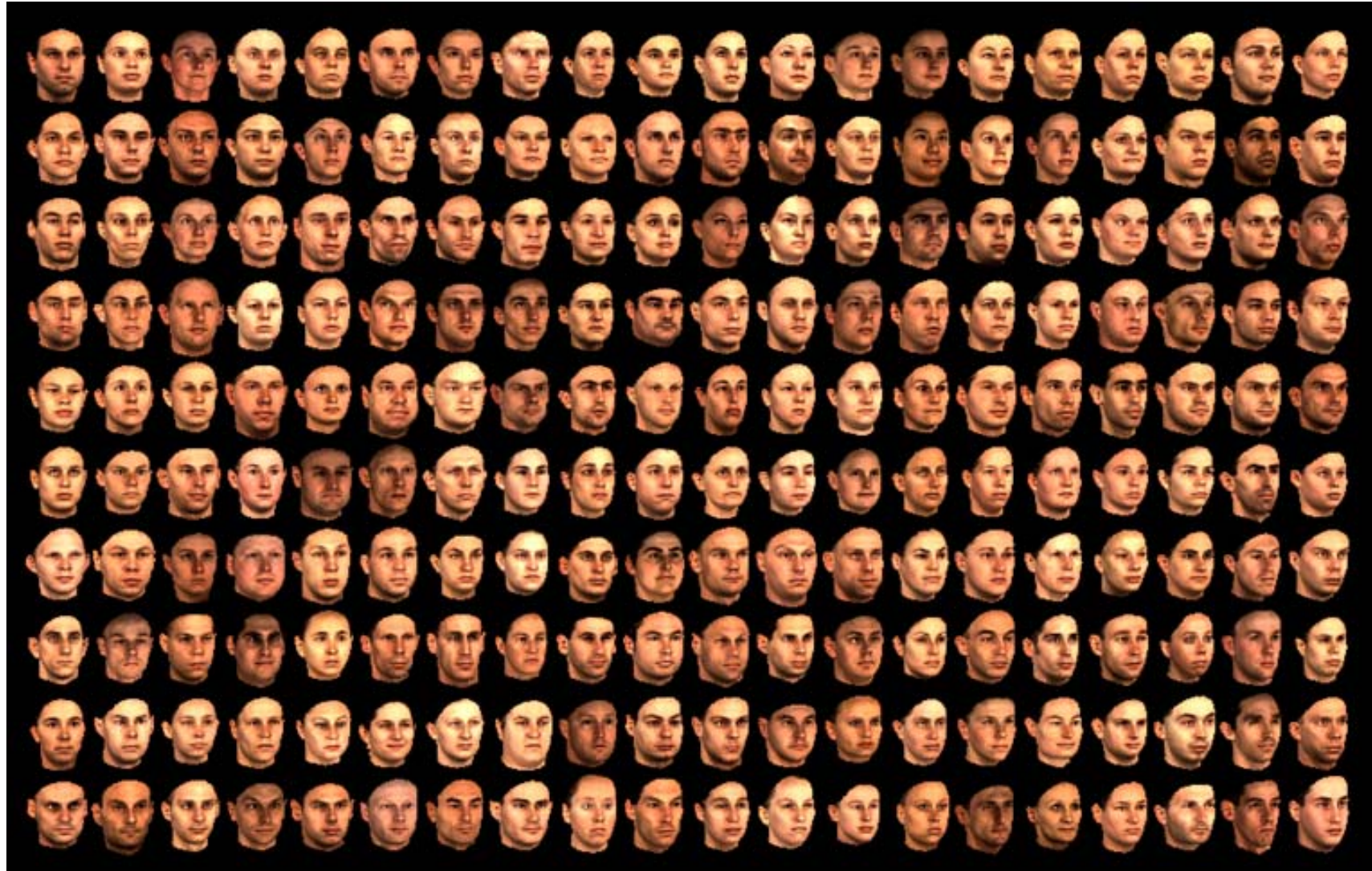
Volker Blanz und Thomas Vetter





Lernen aus Beispielen

Tübinger 3D Gesichter-Datenbank

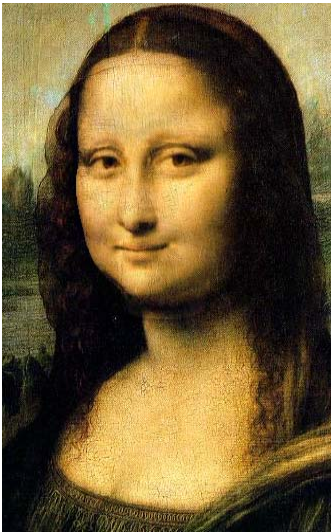




Application to Image



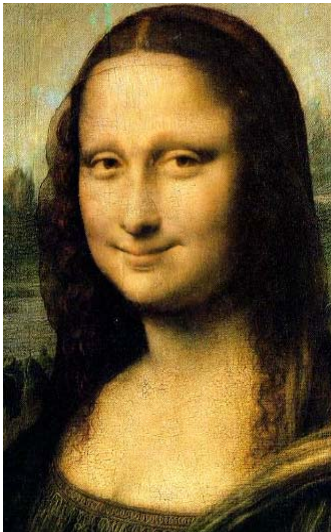
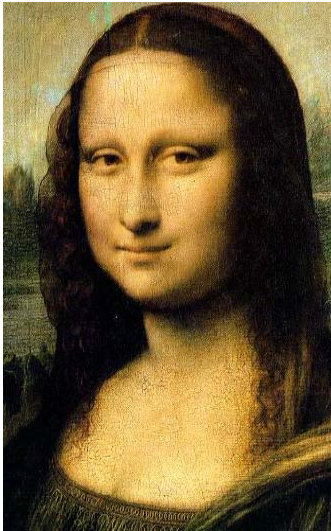
Mona Lisa Variationen



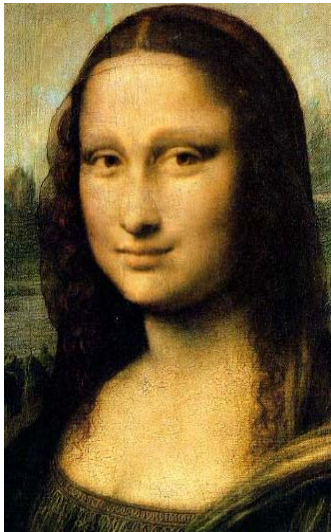
weiblicher



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

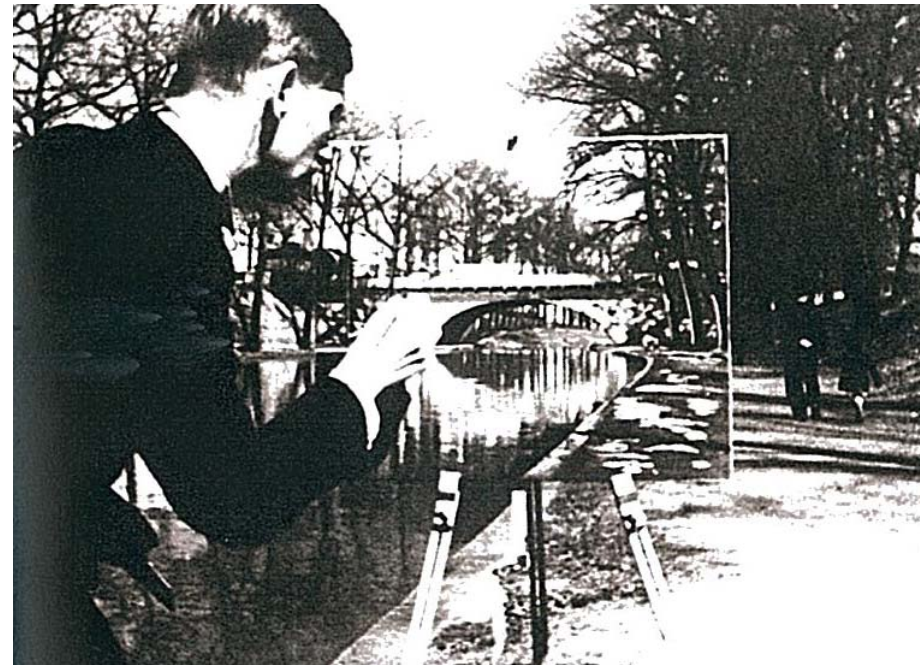




Verfremdung von Objekten



Magritte - *Beschaffenheit*



C'est ci n'est pas une Magritte

Verfremdung von Objekten



Dali – *Lebendes Stilleben*

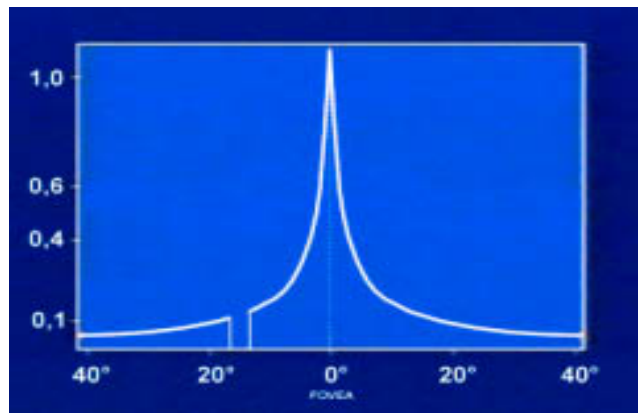


Dali – *(unvollendet)*

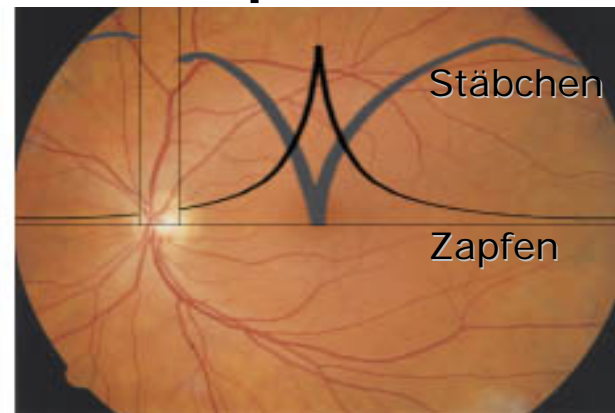


Die Welt im Kopf ist eine Illusion

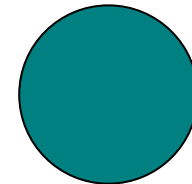
Sehschärfe



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,**
- **und die können die Architekten mitgestalten.**



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.”