

4 Psychologie der menschlichen Informationsverarbeitung

4.1 Psychologie der visuellen Wahrnehmung

- Gestaltgesetze
- Tiefenwahrnehmung
- Bewegungseindruck
- Optische Täuschungen

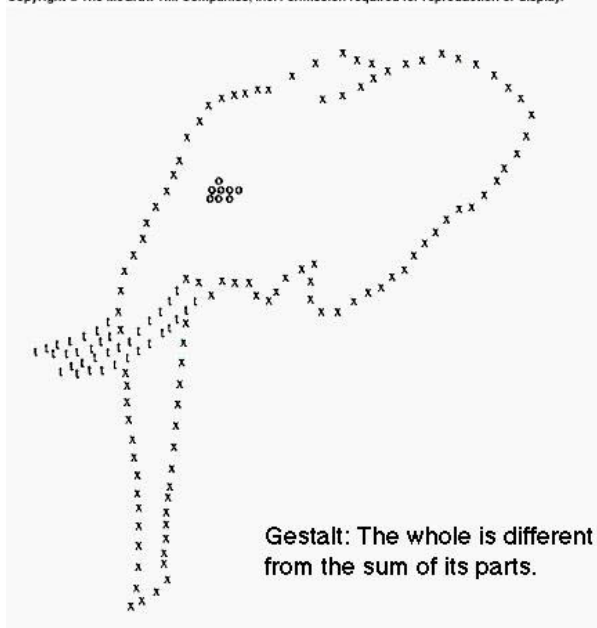
4.2 Gedächtnis und mentale Modelle

- Interne Codes des Gedächtnisses
- ACT*-Modell
- Mentale Modelle



4.1 Psychologie der visuellen Wahrnehmung

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



- Man sieht, was man zu sehen gewohnt ist.
- Man sieht, was man zu sehen erwartet.
- Auswertung der physischen Wahrnehmung durch das Exekutivsystem



4.1.1 Gestaltgesetze (1)

■ Gestalttheorie

- psychologische Studien ab 1920
- Kognitionsforschung („Berliner Schule“)
- Max Wertheimer (1880 – 1943)
 - Untersuchungen zur Lehre von der Gestalt
Psychologische Forschung, Band 4, 1923, Seite 301 bis 350



Max Wertheimer um 1914

Quelle: http://www.ffmhist.de/ffm33-45/portal01/portal01.php?ziel=t_hm_uninatwissaueberung

■ Gestaltgesetze

- Erfahrungsregeln zur Wirkung von
 - Anordnung
 - Formgebung
 - Farbwahl
- über 100 „Gesetze“

4.1.1 Gestaltgesetze (2)

■ Anwendung im Bildschirmlayout

- Herstellung oder Vermeidung von Bedeutungszusammenhängen
- Verbesserung der Wahrnehmbarkeit
- Erleichterung des Suchens und Erkennens von Daten
- Schaffung eines ruhigen ausgeglichenen Erscheinungsbildes
- Verkürzung von Reaktions- und Entscheidungszeiten (bis zu 30%)

4.1.1 Gesetz der Nähe

- räumliche Nachbarschaft
- zeitliche Nachbarschaft

1,0	4,1	5,2	2,3	4,1
3,3	2,4	1,4	4,5	4,3
4,5	5,3	2,3	1,2	3,2
3,1	3,4	4,2	5,1	2,2
5,2	2,3	1,5	3,2	5,1

1,0	4,1	5,2	2,3	4,1
3,3	2,4	1,4	4,5	4,3
4,5	5,3	2,3	1,2	3,2
3,1	3,4	4,2	5,1	2,2
5,2	2,3	1,5	3,2	5,1

Benachbarte Elemente werden als **zusammengehörig** wahrgenommen – auch wenn sie sich in Form, Größe und Farbe unterscheiden.

4.1.1 Anwendung des Gesetzes der Nähe

- Zusammengehörigkeiten durch Nähe betonen
- Unterschiede durch Distanz trennen

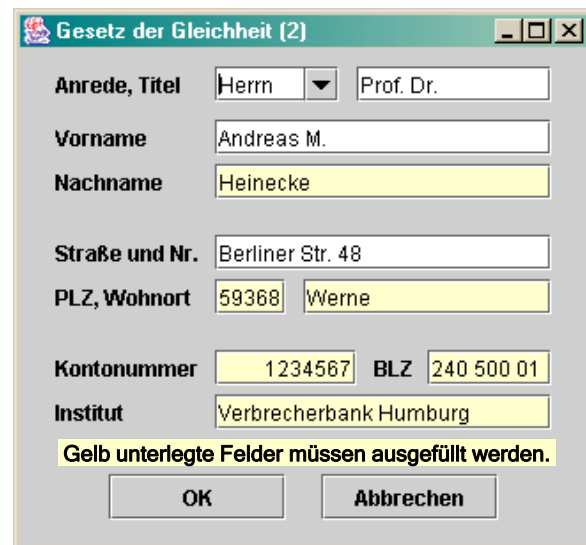
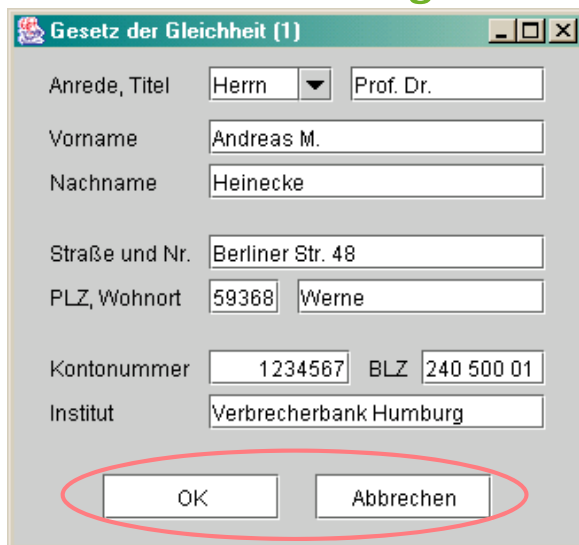
4.1.1 Gesetz der Gleichartigkeit

- Gleichheit oder Ähnlichkeit von
 - Farbe
 - Helligkeit
 - Größe
 - Orientierung
 - Form



Elemente, die **einander gleichen**,
werden als **zusammengehörig** wahrgenommen.

4.1.1 Anwendung des Gesetzes der Gleichheit



- Gleichartige Elemente gleichartig darstellen
- Unterschiede durch unterschiedliche Darstellung betonen

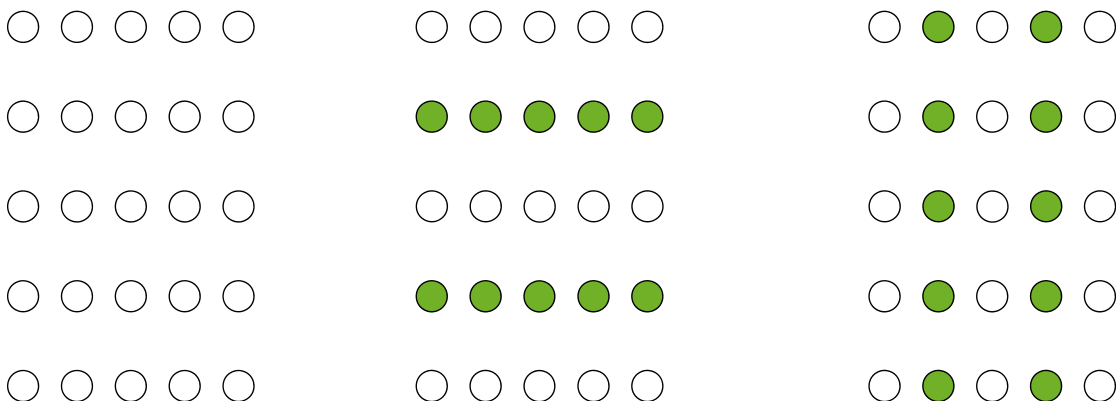
4.1.1 Zusammenwirken von Gestaltgesetzen

- Beeinflussung der Wirkung durch
 - Kombination mehrerer Gesetze (z.B. Nähe und Gleichheit)
 - mehrfaches Auftreten eines Gesetzes (z.B. Gleichheit der Farbe und Gleichheit der Form)
- Verstärkungseffekte möglich
- Abschwächungseffekte möglich
- Kombination beim Layout
 - möglichst eindeutige Wirkung
 - möglichst widerspruchsfreie Wirkung



4.1.1 Gesetz der Nähe und Gesetz der Gleichheit (1)

- Gesetz der Nähe soll Zeilen darstellen



Verstärkung
durch Gleichheit

Abschwächung /
Aufhebung durch
Gleichheit

4.1.1 Gesetz der Nähe und Gesetz der Gleichheit (2)

■ Anwendungsbeispiel Tabelle

Gerät	Jahr	Auflösung horizontal x vertikal x Farben
Apple II	1977	280 x 192 x 6
Commodore VC 20	1981	184 x 176 x 1
IBM CGA	1981	320 x 200 x 4 (aus 16)
		640 x 200 x 2 (aus 16)
Commodore CBM 4064	1982	320 x 200 x 1
Commodore C 64	1982	320 x 200 x 1
		160 x 200 x 4
Hercules (für IBM-PC)	1982	729 x 348 x 1
Apple IIe	1983	360 x 192 x 8
Apple Lisa	1984	720 x 360 x 1
Apple Macintosh	1984	512 x 342 x 1
IBM EGA	1984	640 x 350 x 16 (aus 64)
		640 x 200 x 16 (CGA-Farben)
Commodore C 128	1985	640 x 200 x 1
		160 x 200 x 16
Atari ST	1985	640 x 400 x 1
		640 x 200 x 4
		320 x 200 x 16
IBM PGA	1985	640 x 480 x 256
Apple IIgs	1986	640 x 200 x 1
		320 x 200 x 8
Commodore Amiga 1000	1986	640 x 256 x 16
		640 x 512 x 16 (aus 4096)
IBM VGA	1987	640 x 480 x 16 (aus 64)

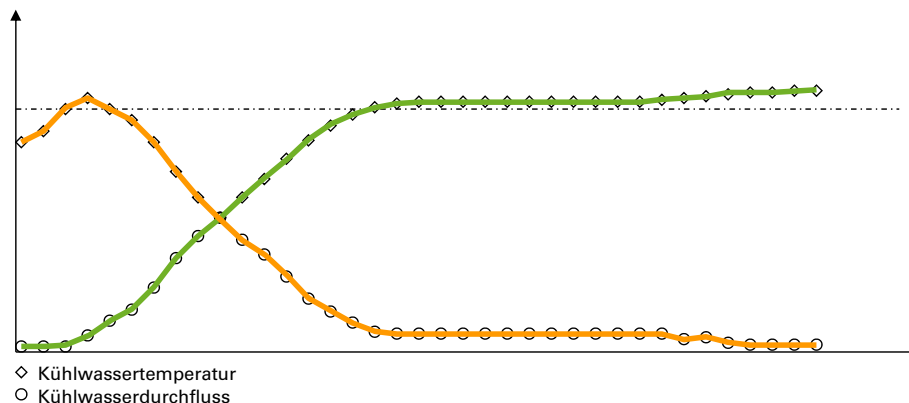
ungünstige Wirkung
des Gesetzes der Nähe

Gerät	Jahr	Auflösung horizontal x vertikal x Farben
Apple II	1977	280 x 192 x 6
Commodore VC 20	1981	184 x 176 x 1
IBM CGA	1981	320 x 200 x 4 (aus 16)
		640 x 200 x 2 (aus 16)
Commodore CBM 4064	1982	320 x 200 x 1
Commodore C 64	1982	320 x 200 x 1
		160 x 200 x 4
Hercules (für IBM-PC)	1982	729 x 348 x 1
Apple IIe	1983	360 x 192 x 8
Apple Lisa	1984	720 x 360 x 1
Apple Macintosh	1984	512 x 342 x 1
IBM EGA	1984	640 x 350 x 16 (aus 64)
		640 x 200 x 16 (CGA-Farben)
Commodore C 128	1985	640 x 200 x 1
		160 x 200 x 16
Atari ST	1985	640 x 400 x 1
		640 x 200 x 4
		320 x 200 x 16
IBM PGA	1985	640 x 480 x 256
Apple IIgs	1986	640 x 200 x 1
		320 x 200 x 8
Commodore Amiga 1000	1986	640 x 256 x 16
		640 x 512 x 16 (aus 4096)
IBM VGA	1987	640 x 480 x 16 (aus 64)

Korrektur durch Gesetz der Gleichheit

4.1.1 Gesetz der guten Fortsetzung (1)

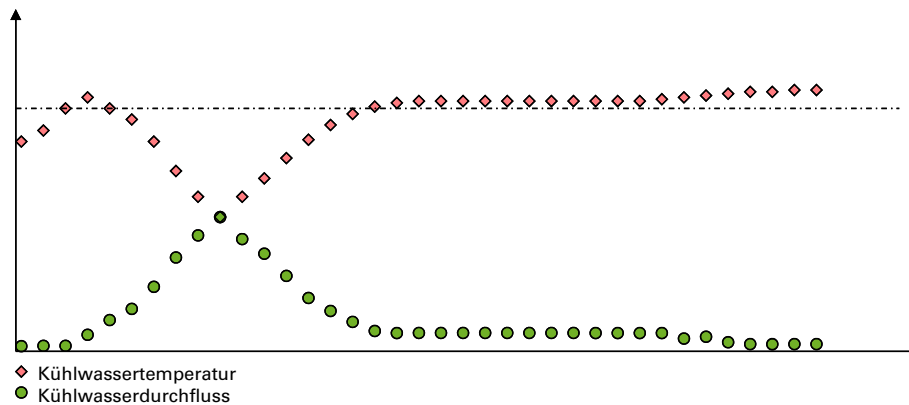
- Fortsetzung erfolgt
 - räumlich oder zeitlich
 - möglichst einfach, harmonisch, gesetzmäßig



Elemente, die räumlich oder zeitlich in **einfacher, harmonischer, gesetzmäßiger Folge** angeordnet sind, erscheinen als **zusammengehörig** und damit als **Figur**.

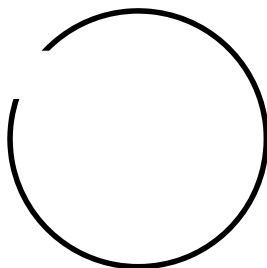
4.1.1 Gesetz der guten Fortsetzung (2)

- Zusammenwirken mit Gesetz der Gleichheit
 - Gleichheit der Form meist schwächer
 - Gleichheit der Farbe meist stärker

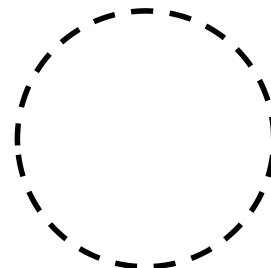


4.1.1 Gesetz der Schließung / Geschlossenheit (1)

- Vervollständigung von Konturen
 - Erfahrungswissen über mögliche Figuren
 - Unterscheidung zwischen Innen und Außen
 - Unterscheidung zwischen Figur und Hintergrund



Vervollständigung zum Kreis
„mit Lücke“

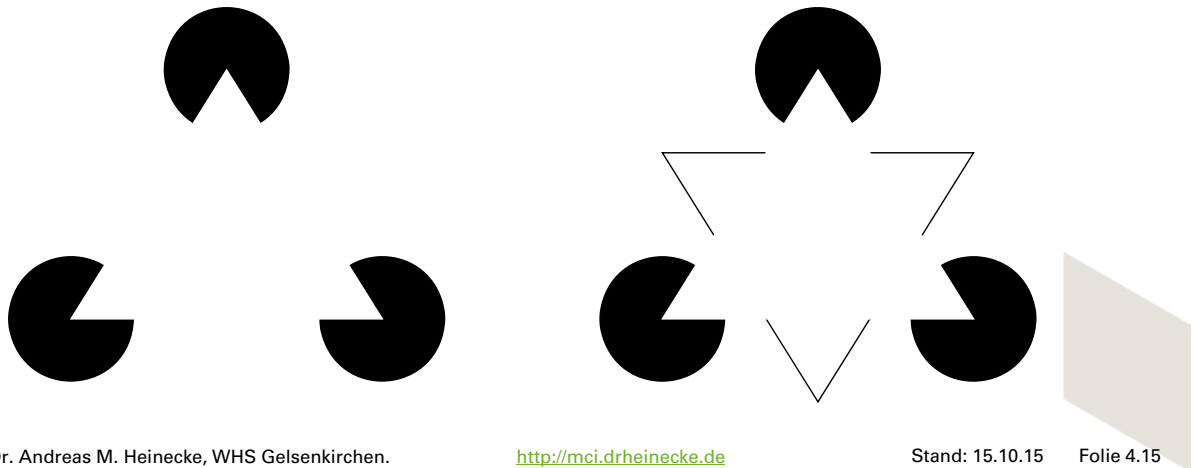


Vervollständigung zum Kreis
„gestrichelt“

Nur 60% des Kreises sind tatsächlich vorhanden!

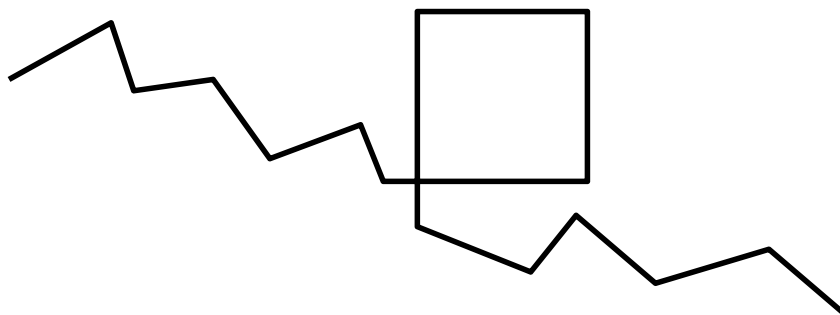
4.1.1 Gesetz der Schließung / Geschlossenheit (2)

- Erkennung von Konturen
 - Bildung vertrauter Formen auch aus Bruchstücken
 - Zwang zur Kontur
 - z.B. Kanizsa Dreieck



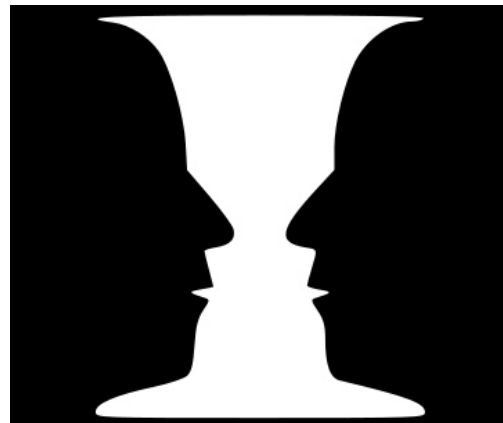
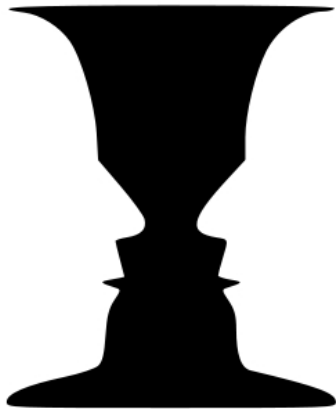
4.1.1 Prinzip oder Gesetz der guten Gestalt

- Zusammenwirken der Gestaltgesetze
 - Entstehung möglichst einfacher, regelmäßiger, symmetrischer, geschlossener Figuren
 - Unterscheidung zwischen Figur und Hintergrund



4.1.1 Vexierbild (1)

- Kippfigur
 - bei nicht eindeutiger Unterscheidung zwischen Figur und Hintergrund

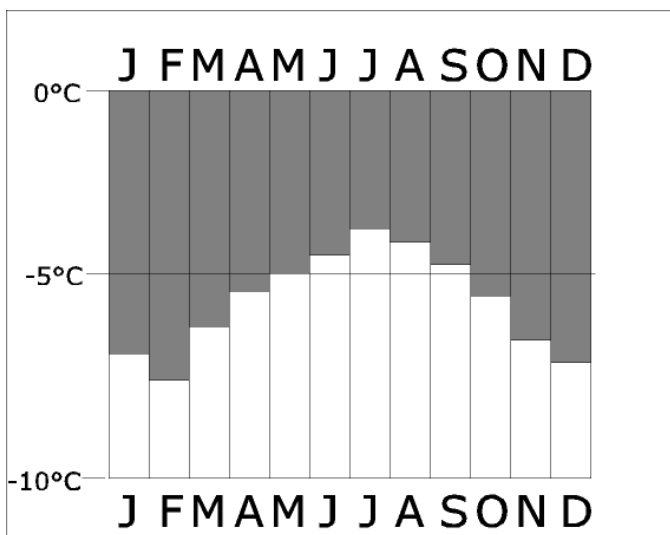


Rubin-Vase

Quelle: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Multistability.svg>

4.1.1 Vexierbild (2)

- Anwendungsbeispiel Säulendiagramm
 - Säulen und Hintergrund sollten sich deutlich unterscheiden ...



Die Säulen sind schwarz,
sie wachsen von der
Nulllinie nach unten!

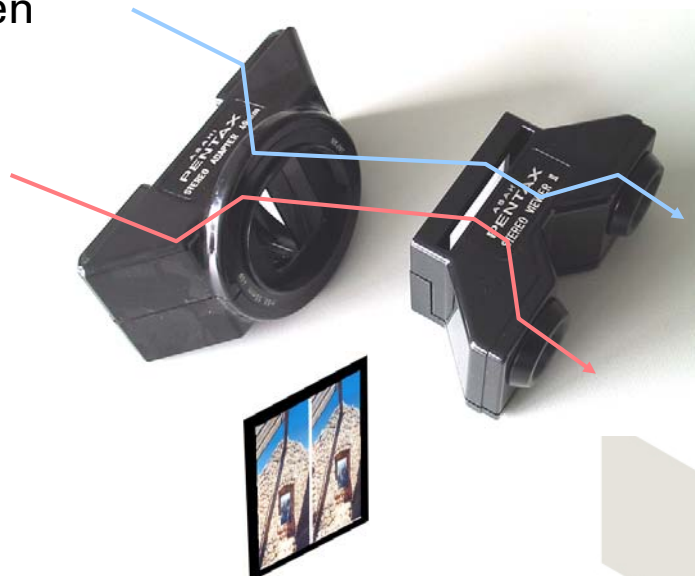
4.1.2 Tiefenwahrnehmung

- Stereoskopisches Sehen
- Statische Perspektive
- Verdeckungsauswertung
- Schattenauswertung
- Gradientenauswertung



4.1.2 Stereoskopisches Sehen (1)

- nur mit
zwei sehtüchtigen Augen
- jedes Auge braucht
sein eigenes Bild
- Auswertung von
 - Vergenz
(Winkel zwischen
den Sehrichtungen)
 - Querdispersion
(Abweichung
der beiden Bilder)

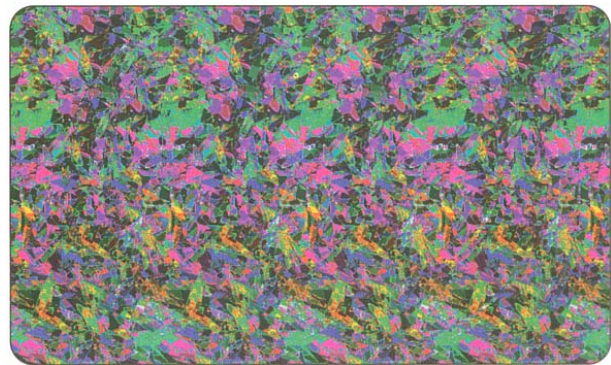


4.1.2 Stereoskopisches Sehen (2)

- Vergenz kann willentlich eingestellt werden
 - Betrachtung von Stereobildern ohne Hilfsmittel
 - Autostereogramme



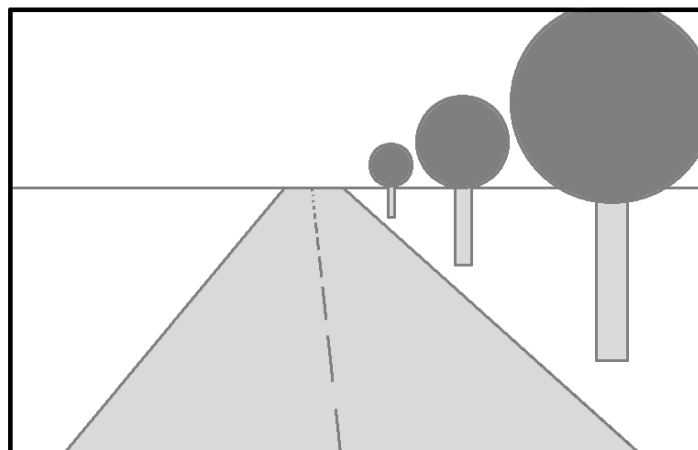
Quelle: T. Ditzinger, Illusionen des Sehens. Südwest Verlag, München 1998.



Quelle: Das magische Auge I, Kartenspiel, Amigo Spiel+Freizeit GmbH, Rödermark 1995

4.1.2 Statische Perspektive (1)

- trapezförmige Konturen => sich entfernende Parallelen
- Größenunterschiede => Entfernungunterschiede
- kulturelle Errungenschaft der Renaissance



4.1.2 Statische Perspektive (2)

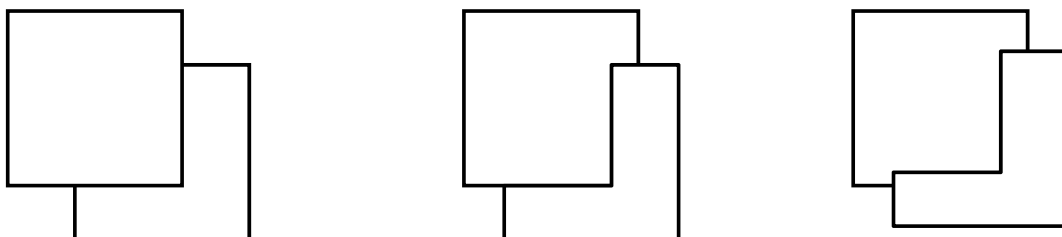
- **Perspektivische Täuschungen**



Quelle: L. Bolton & D. Thomson, Verblüffende optische Illusionen, Weltbild Verlag, Augsburg 2000.

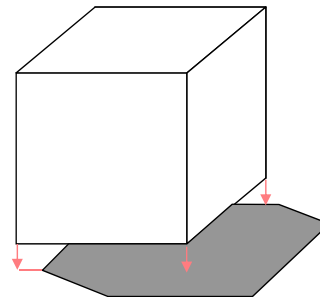
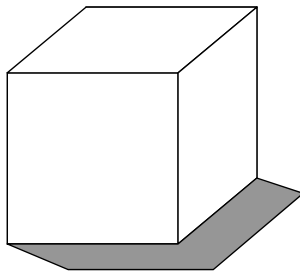
4.1.2 Verdeckung

- vollständige Konturen weiter vorne / weiter oben
- Ausnutzung der Gestaltgesetze zur Bildung der Konturen



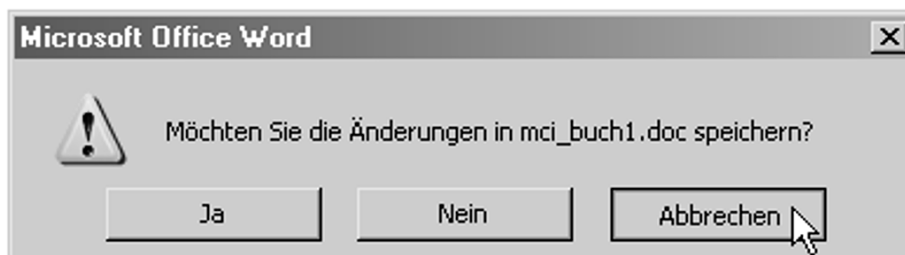
4.1.2 Schattenwurf (1)

- räumliche Zuordnung
 - von Objekten zu Ebenen
 - von Objekten zueinander



Können Würfel schweben?

4.1.2 Schattenwurf (2)



- Licht von links oben
- Die Schaltflächen links werfen Schatten.
=> Sie ragen aus der Fläche heraus.
- Die Schaltfläche rechts wirft keinen Schatten.
=> Sie ist bündig mit der Oberfläche, also hineingedrückt.

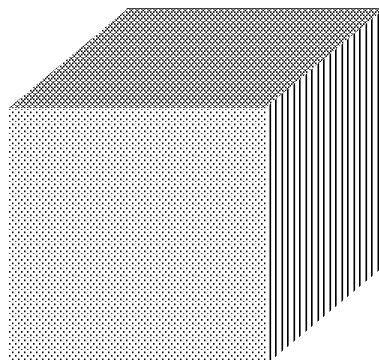
4.1.2 Gradienten

- Texturen
 - enge Textur weiter hinten
- Kontraste
 - geringerer Kontrast weiter hinten
- Sättigung
 - geringe Sättigung weiter hinten
- Farben
 - Blau-Verschiebung in der Entfernung



4.1.2 Generierung von Oberflächen

- Ableitung aus Konturen
- Ableitung aus Texturen
- Zusammenstellung zu Körpern



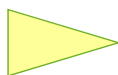
4.1.3 Bewegungseindruck (1)

- **Physische Eigenschaften des Auges berücksichtigen**
 - Zeitliche Auflösung 50 ms
 - Betrachtung der Welt mit einer Frequenz von 20 Hz
- **Einzelbilder mit geringen Unterschieden**
 - 20 bis 25 Bilder pro Sekunde für fließende Bewegung
 - Film / Video
 - höhere Frequenz nicht nötig
 - 3 bis 5 Bilder pro Sekunde als ruckende Bewegung
 - Videokonferenzen
 - Bildtelefonie

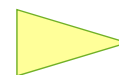


4.1.3 Bewegungseindruck (2)

- **Räumlich-zeitlicher Sprung**
 - Verschwinden und Wiederauftauchen
 - Objekt verschwindet an Punkt A
 - Objekt erscheint nach 30 bis 60 ms an Punkt B
 - Eindruck einer Bewegung zwischen A und B



A



B



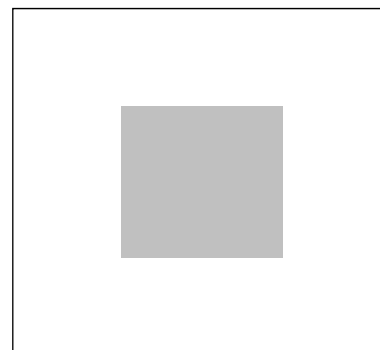
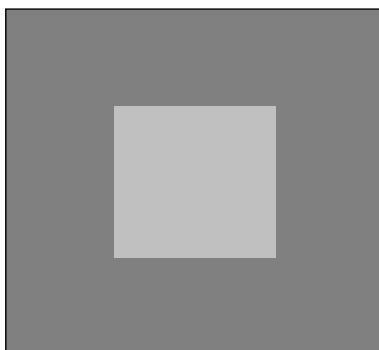
4.1.4 Optische Täuschungen

- **Psychische Prozesse der Wahrnehmung können Täuschungen bewirken**
 - wahrgenommener Eindruck stimmt nicht mit der Realität überein
- **Ursachen**
 - widersprüchliche Informationen
 - Überbelastung des visuellen Systems
 - Unterbelastung des visuellen Systems
- **Mensch-Computer-Interaktion**
 - optische Täuschungen bei Bildschirm-Layout vermeiden



4.1.4 Farbtäuschungen (1)

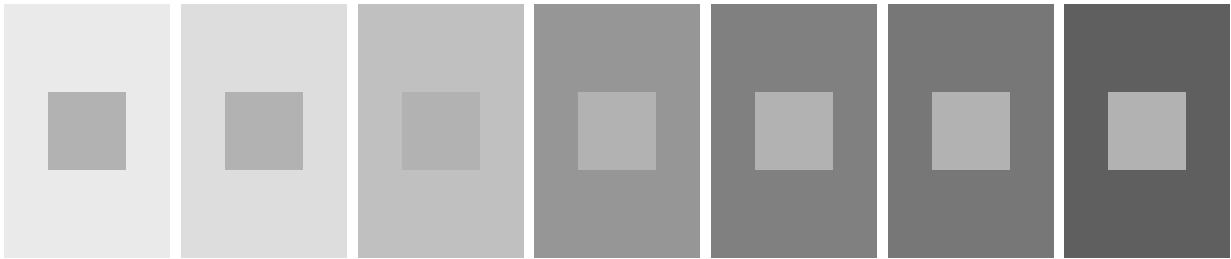
- **Farben und Helligkeiten werden im Vergleich zur Umgebung wahrgenommen**



Die mittleren Quadrate haben die gleiche Helligkeit und sind gleich groß.

4.1.4 Farbtäuschungen (2)

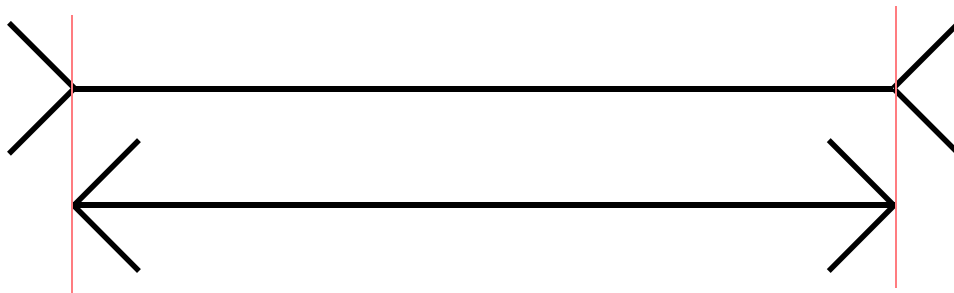
- **Vorsicht**
bei Verwendung von Farben / Helligkeiten zur Kodierung



Auch hier: Die mittleren Quadrate haben die gleiche Helligkeit und sind gleich groß.

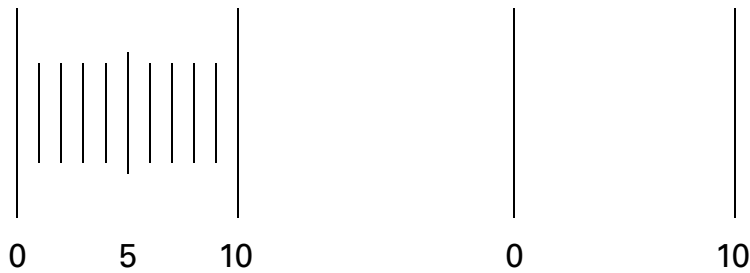
4.1.4 Längentäuschungen (1)

- **Beispiel: Müller-Lyer'sche Täuschung 1889**
- **Beeinflussung einer Schätzung durch andere Objekte**



4.1.4 Längentäuschungen (2)

- Beispiel: Ooppel-Kundt'sche Täuschung 1895
 - wichtig für die Anzeigegestaltung



Die großen senkrechten Striche liegen jeweils gleich weit auseinander.

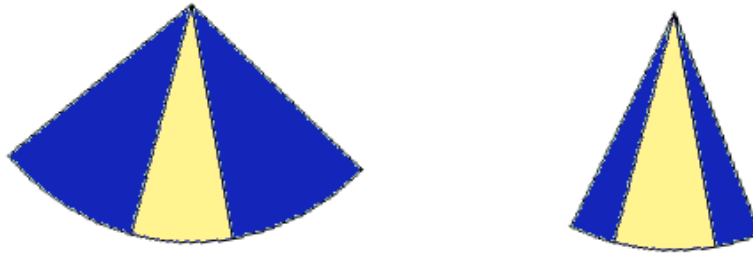
4.1.4 Längentäuschungen (3)

- Perspektivische Verzerrung



4.1.4 Größentäuschungen

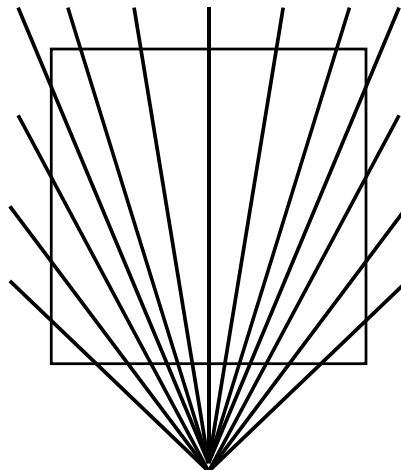
- Beispiel: Ebbinghaus'sche Täuschung
 - wichtig für die Visualisierung von Werten in Diagrammen



Die gelben Tortenstücke sind gleich groß.

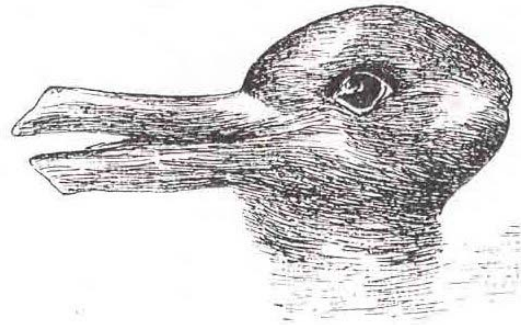
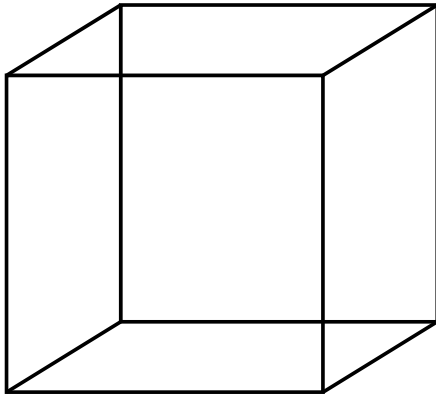
4.1.4 Formtäuschungen

- Überlagerung verschiedener Formen
- Verzerrung der Wahrnehmung



4.1.4 Kippfiguren

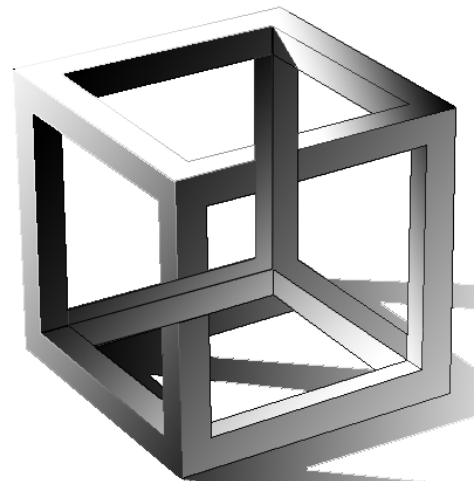
- Gleichwertige Alternativen
- ähnlich Vexierbild



Hasenente aus Jastrow, J. (1899). The mind's eye. Popular Science Monthly, 54, 299-312.
Quelle: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Duck-Rabbit_illusion.jpg

4.1.4 Unmögliche Objekte

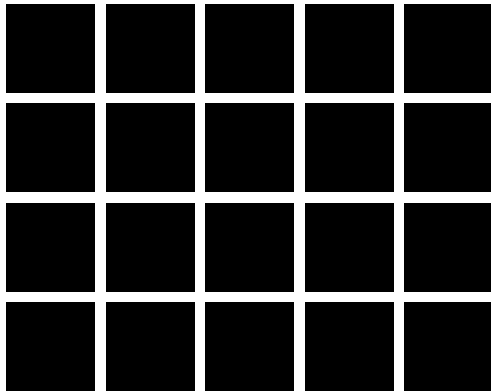
- Widersprüchliche Informationen
bei der Ableitungen von Kanten und Oberflächen



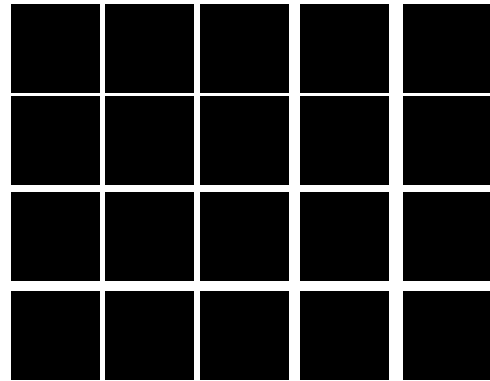
Quelle: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Escher_Cube.png

4.1.4 Physiologisch bedingte Täuschungen (1)

- Scharfe Kontraste → Geisterbilder
 - Randkontrastverstärkung
 - Hermannsches Gitter



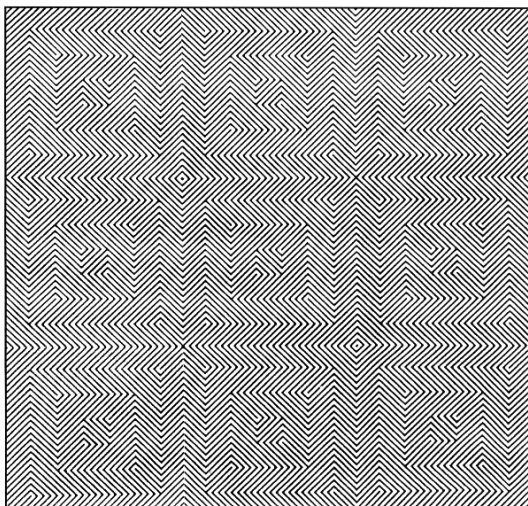
Quelle: T. Ditzinger, Illusionen des Sehens. Südwest Verlag, München 1998.



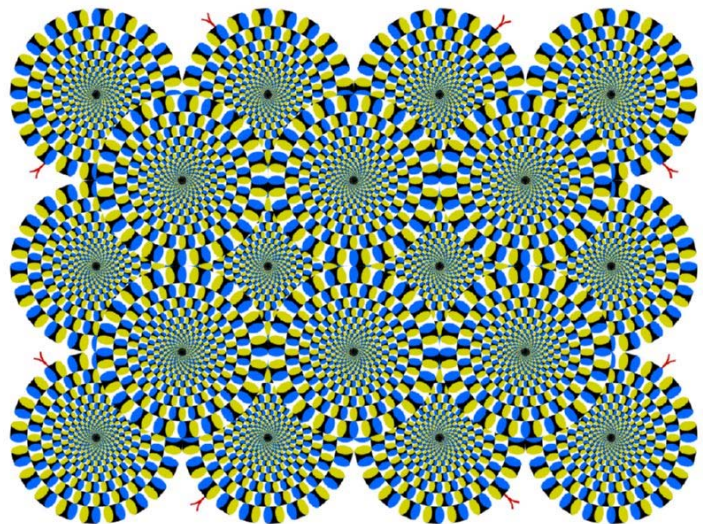
Quelle: T. Ditzinger, Illusionen des Sehens. Südwest Verlag, München 1998.

4.1.4 Physiologisch bedingte Täuschungen (2)

- Fehlende Fixationspunkte → Bewegungseindruck



Quelle: T. Ditzinger, Illusionen des Sehens. Südwest Verlag, München 1998.



Rotating Snakes von Akiyoshi KITAOKA
 Quelle: www.ritsumei.ac.jp/~akitaoka/rotsnake.gif
 Erklärung: www.psy.ritsumei.ac.jp/~akitaoka/PDrift.pdf

4.2 Gedächtnis und mentale Modelle

■ Wissenserwerb

- Wissen als Voraussetzung für die Ausführung von Aufgaben
- Speicherung von Information im Gedächtnis in geeigneter Form
- Beziehungen zwischen vorhandenen Informationen
- komplexe Modelle der Außenwelt

■ Information

- ist jeder Unterschied, der etwas ausmacht.
G. Bateson: Geist und Natur. Eine notwendige Einheit. Suhrkamp TB Wissenschaft, Frankfurt 1987.
- is any difference that makes a difference.
G. Bateson: Mind and Nature. A Necessary Unity. Bantam Books, Toronto 1980.

4.2.1 Interne Codes des Gedächtnisses

■ Experimente von Santa 1977

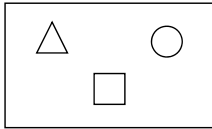
- Unterschiede zwischen visueller und verbaler Repräsentation
- Versuchsablauf
 - Einprägen einer visuellen Vorgabe (Vorreiz)
 - Präsentation unterschiedlicher visueller Darstellungen (Prüfreize)
 - Entscheidung, ob Prüfreiz die gleichen Elemente wie Vorreiz enthält
- Vorreiz und Prüfreize
 - als geometrische Objekte
 - als Wörter

J. L. Santa: Spatial Transformations of Words and Pictures.
In: Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory, Vol. 3, No. 4, 1977

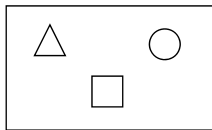
4.2.1 Experiment von Santa (1)

▪ Versuch 1

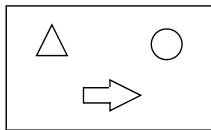
Vorreiz



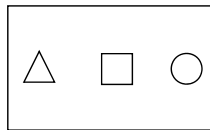
Prüfreiz



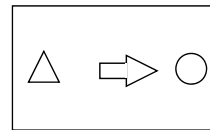
gleich



ungleich



linear gleich



linear ungleich

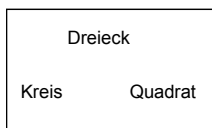
schnelle Erkennung

langsame Erkennung

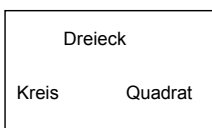
4.2.1 Experiment von Santa (2)

▪ Versuch 2

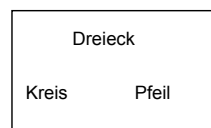
Vorreiz



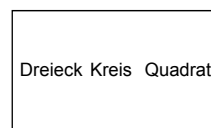
Prüfreiz



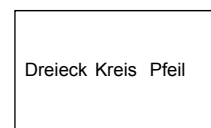
gleich



ungleich



linear gleich



linear ungleich

langsame Erkennung

schnelle Erkennung

4.2.1 Experiment von Santa (3)

▪ Ergebnisse

- Geometrische Objekte
 - Schnelle Erkennung bei gleicher Anordnung der Elemente
 - Elemente des Vorreizes im Gedächtnis visuell mit räumlichen Bezug zueinander gespeichert
 - Bei abweichender Anordnung der Elemente räumliche Umordnung (vor dem „geistigen Auge“) für den Vergleich nötig
- Wörter
 - Schnelle Erkennung bei linearer Anordnung der Wörter
 - Wörter des Vorreizes im Gedächtnis als Ketten ohne räumlichen Bezug zueinander gespeichert
 - Bei räumlich verteilter Anordnung der Wörter lineare Umordnung (vor dem „geistigen Auge“) für den Vergleich nötig

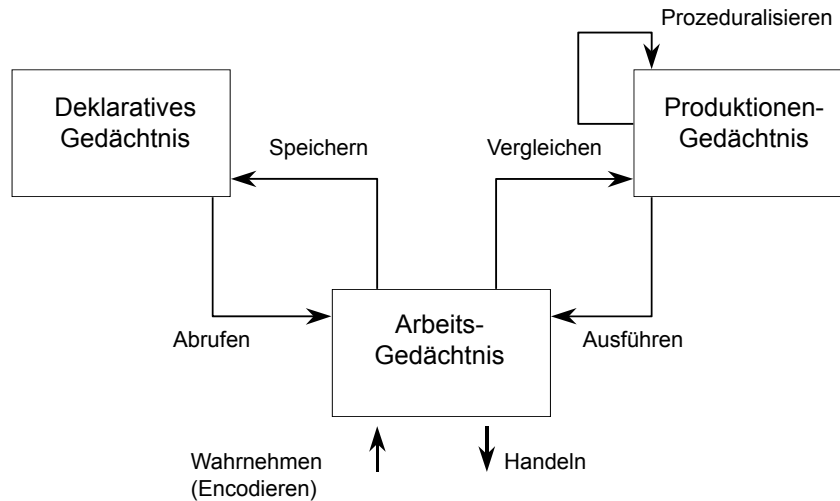
4.2.1 Experiment von Santa (4)

▪ Schlussfolgerungen

- Unterschiedliche Codierungen
 - Geometrische Objekte in räumlichem Zusammenhang
 - Wörter als Ketten
- Unterschiedliche Erkennungsleistungen
 - besser, wenn Anordnung der Codierung entspricht
- Folgerungen für Bildschirmgestaltung
 - Verbalobjekte linear in Zeilen und Spalten
 - in kulturspezifischer Leserichtung
 - Grafische Elemente in gleich bleibender geometrischer Anordnung
 - Gestaltgesetze beachten

4.2.2 ACT*-Modell

▪ Adaptive Control of Thought



4.2.2 ACT*-Modell: Deklaratives Gedächtnis

▪ Inhalt: Wissen

- sprachlich formulierbar
- Prädikat-Argument-Struktur: propositionales Netzwerk
- Objekte
 - konkrete Objekte
 - abstrakte Objekte
 - Eigenschaftskonzepte
- Verbindungen
 - Klassenrelationen
 - Eigenschaftsrelationen
 - Verbindungen zu sensorischen Vorstellungen
- Bildsystem und andere Sensorik-Speicher

4.2.2 ACT*-Modell: Produktionen-Gedächtnis

- **Inhalt: Können (\approx erlernte Fähigkeiten)**
 - **Handlungsroutinen**
 - einfache motorische Vorgänge, z.B. Gehen
 - komplexe motorische Fähigkeiten, z.B. Blindschreiben auf Tastatur
 - kognitive Routinen, z.B. Einmaleins
 - **Wenn-Dann-Verknüpfungen (Produktionen)**
 - Wahrnehmung einer Situation
 - Vergleich der Situation mit allen Wenn-Teilen
 - Auswahl des passenden Dann-Teils
 - gemäß „bester“ Übereinstimmung



4.2.3 Mentale Modelle (1)

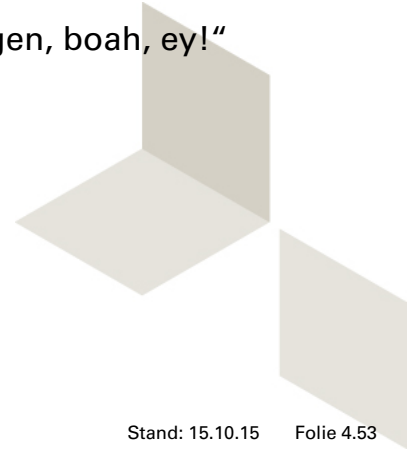
- **Wissen im Langzeitgedächtnis**
 - Wissensbestände als mentale Modelle der Außenwelt
- **Kommunikation als Abgleich mentaler Modelle**
- **Denken als bewusstes Arbeiten mit mentalen Modellen**
 - Handlung zu wahrgenommener Situation aus verschiedenen mentalen Modellen abgeleitet
- **in der Kognitionspsychologie als Modell zum Verstehen von Denkprozessen**

S. Dutke: Mentale Modelle - Konstrukte des Wissens und Verstehens, Kognitionspsychologische Grundlagen für die Software-Ergonomie. Verlag für Angewandte Psychologie, Göttingen 1994



4.2.3 Mentale Modelle (2)

- **Semantische Modelle**
 - allgemeine Aussagen
 - „Autos haben vier Räder.“
- **Episodische Modelle**
 - spezielle Sachverhalte im Einzelfall
 - „Unserm Nachbar sein Auto hat gezz Alufelgen, boah, ey!“



4.2.3 Mentale Modelle (3)

- **Unterschiedliche kulturabhängige mentale Modelle**
 - egozentrische Weltsicht
 - links, rechts, vorne, hinten
 - geozentrische Weltsicht
 - östlich, südlich, westlich, nördlich
- **Probleme bei Internationalisierung**



4.2.3 Kognitive Ökonomie

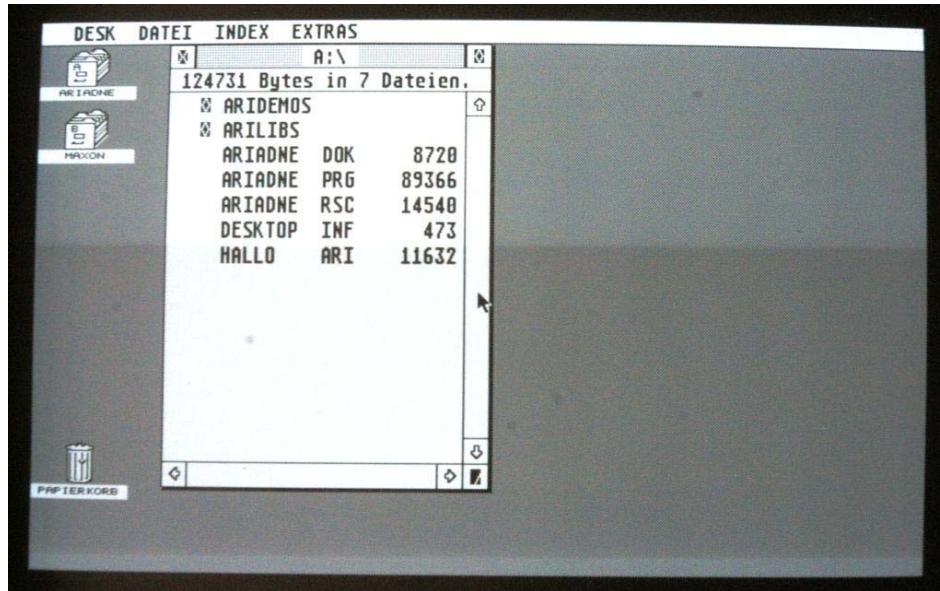
- **Erinnern und Nachdenken
als Vorgang der Rekonstruktion von Wissen**
- **Kodierung und Speicherung
mit dem Ziel einfacher Rekonstruktion**
 - aus möglichst einfachen Grundelementen
 - nach möglichst einfachen Grundregeln
- **Einordnung in bestehende Modelle,
wenn irgend möglich**
 - Verwerfen und Neuentwickeln von Modellen aufwendig
 - nur wenn es gar nicht mehr anders geht, z.B.
 - Planetenbahnen sind Kreise
 - Kreise haben Epizykel
 - Epizykel haben Epi-Epizykel
 - Planetenbahnen sind Ellipsen

4.2.3 Metaphern

- **Motivation: kognitive Ökonomie**
- **Metapher: Übertragung
mentaler Modelle auf andere Anwendungsbereiche**
 - z.B. Desktop-Metapher: Übertragung des mentalen Modells
konventioneller Schreibtischtätigkeit auf Büroarbeit am
Bildschirm
- **bei Gestaltung interaktiver Systeme**
 - Nutzung vorhandener mentaler Modelle
 - nicht das Erarbeiten neuer mentaler Modelle erzwingen
 - Metaphernbrüche vermeiden

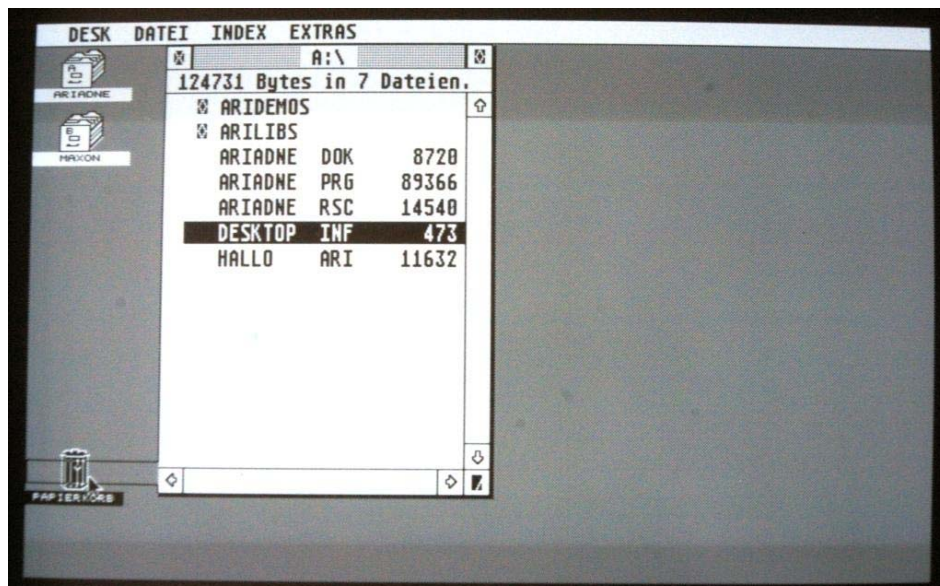
A4.2 Metaphernbrüche

- Desktop-Metapher 1985



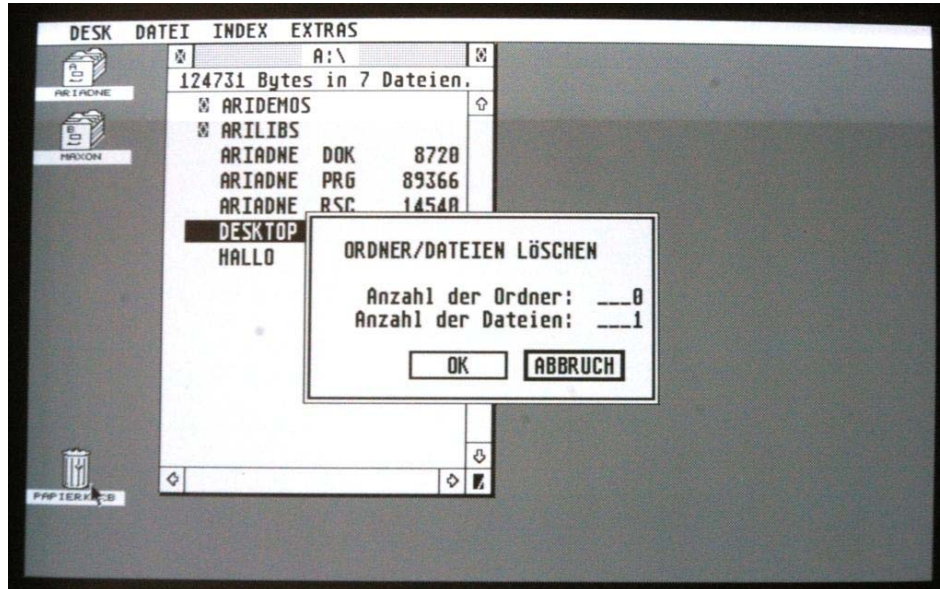
A4.2 Metaphernbrüche

- Löschen durch Ziehen auf Piktogramm



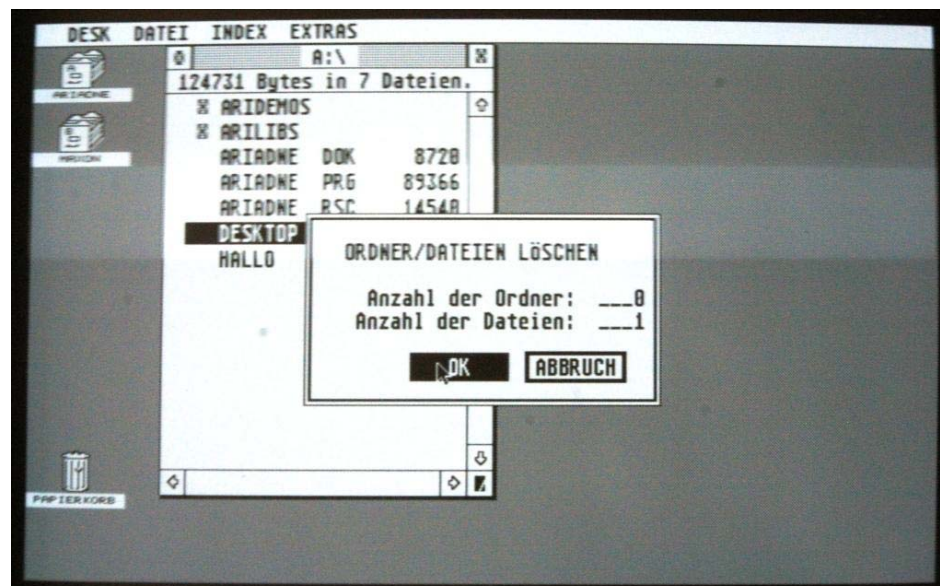
A4.2 Metaphernbrüche

- Nachfrage beim Löschen



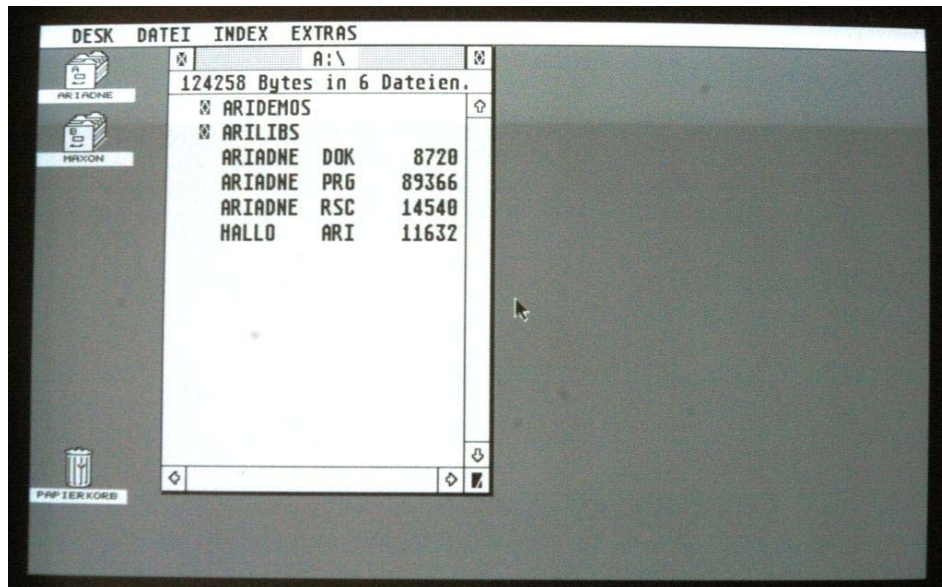
A4.2 Metaphernbrüche

- Löschen bestätigen



A4.2 Metaphernbrüche

- Datei ist gelöscht



A4.2 Metaphernbrüche

- Doppelklick auf Piktogramm

