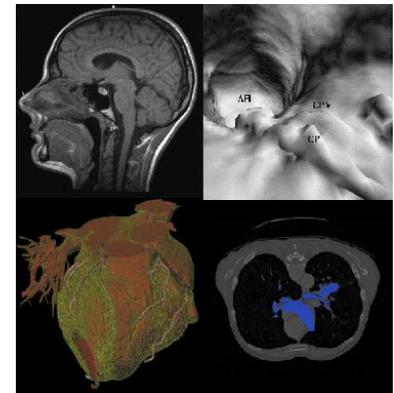
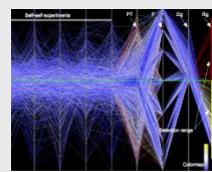


Informations- visualisierung

Thema: 2. Wahrnehmung von Grafik - Aufmerksamkeit & Muster
Dozent: Prof. Dr. Gerek Scheuermann
scheuermann@informatik.uni-leipzig.de
Sprechstunde: nach Vereinbarung
Umfang: 2
Prüfungsfach: Modul Fortgeschrittene Computergrafik
Medizininformatik, Angewandte Informatik





Übersicht

1. Einführung

2. Wahrnehmung von Graphik

2.1 Semiotik

2.2 Optische Wahrnehmung

2.3 Helligkeit, Kontrast, Farbe

2.4 Visuelle Aufmerksamkeit

2.5 Muster und Bewegung

3. Statistische Grundlagen

4. Darstellung von Tabellen

5. Darstellung von Graphen

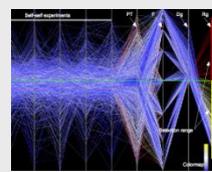
6. Darstellung von Metadaten und Prozessen

7. Interaktion

8. Spezifische Verfahren

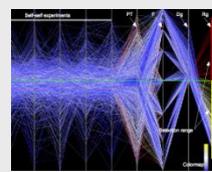
9. Visual Analytics

10. Beispielanwendungen



2.4 Visuelle Aufmerksamkeit

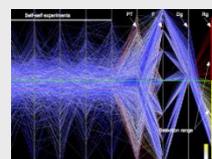
- Auge arbeitet wie ein Informationssuchsystem.
- Analogon: **Suchscheinwerfer**, wobei sowohl Sichtfeld als auch der Fokus der Fovea als Lichtkegel interpretiert werden kann
- **Welche visuellen Anreize** führen dazu, dass
 - „etwas ins Auge sticht“?
 - etwas unsere **visuelle Aufmerksamkeit** anspricht?
- Wie funktioniert Aufmerksamkeit?
- Wie lässt sie sich **für die Visualisierung nutzen?**
- Erklärungen zum Aufbau der neuronalen Verarbeitung visueller Information helfen weiter.



2.4 Visuelle Aufmerksamkeit

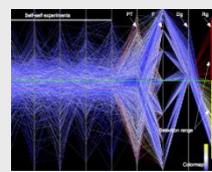
Augenbewegung

- Auge führt **drei Arten** von Bewegungen durch.
- Bringt Bereiche in unser Sichtfeld, insbesondere ins Sichtfeld der Fovea (Gelber Fleck) .
- **Glatte Verfolgungsbewegung**
 - Auge kann ein sich relativ gleichmäßig durch das Sichtfeld **bewegendes Objekt verfolgen** und somit beständig fixieren.
- **Konvergente Bewegung**
 - Augen können **näherndes Objekt** durch konvergente Bewegung **fixieren**.
 - Fixierung sich **entfernender Objekte** erfolgt durch divergente Bewegung.
 - **Fokusanpassung**: Anpassung an andere Fokustiefe erfordert ca. 200ms



2.4 Visuelle Aufmerksamkeit

- **Sakkadische Bewegung**
 - Auge führt 2-5 **ruckartige Bewegungen** pro Sekunde durch.
 - Bewegung dauert 20-100ms und ist bis zu 900°/s schnell .
 - Bewegungen werden von 200-600ms langen Fixierungen unterbrochen.
 - Bewegungen werden **während Fixierungen festgelegt** und dann durchgeführt.
 - Änderungen während der Bewegung sind nicht möglich.
 - Während Bewegung ist **Wahrnehmung reduziert** (sakkadische Suppression).
 - Visuelle Informationsaufnahme kann als Folge mehrerer **Schnappschüsse** pro Sekunde aufgefasst werden.

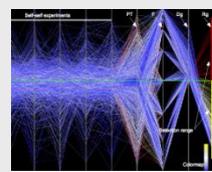


2.4 Visuelle Aufmerksamkeit

Visuelle Aufmerksamkeit

- Visuelle Aufmerksamkeit konzentriert im **fokussierten Sichtfeld** der Fovea.
- Aufmerksamkeit **lässt sich steuern**; z.B. wichtig für warnende Darstellungen und bei vielen Visualisierungen hilfreich

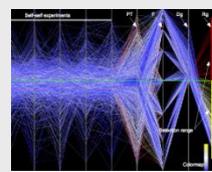
- Studien an Operateuren in Kraftwerken, der Industrie, sowie an Piloten:
 - Bei **mehreren Kanälen** (Fenster am Monitor, Lautsprecher, Kontrollleuchten) wird (nicht nur visuelle) Aufmerksamkeit geschenkt
 - Ereignissen auf diesen Kanälen lassen sich Kosten zuordnen, die optimiert werden; z.B. nötige Augenbewegung und Wichtigkeit .
 - Wegen mangelnden Kurzzeitgedächtnisses müssen **ereignisarme Kanäle zu häufig** abgetastet werden.



2.4 Visuelle Aufmerksamkeit

Stress

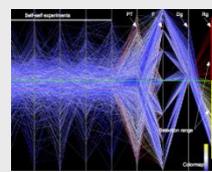
- Warten auf eine erwartete Reaktion des Systems **schränkt Handlungen des Beobachters häufig ein**, obwohl wichtigere Warnungen Aufmerksamkeit erfordern.
- Zu viel Information im Sichtfeld kann als Stress verstanden werden.
- Sichtfeld wird dann weiter verkleinert; es ergibt sich ein **Tunnelsichteffekt**.
- In Visualisierung sollte nutzbares Sichtfeld nicht mit Information überfrachtet werden.
- Kleine Buchstaben: etwa 1° - 4° große Sichtwinkel der Fovea;
große Buchstaben: bis zu 15°



2.4 Visuelle Aufmerksamkeit

Userinterrupt

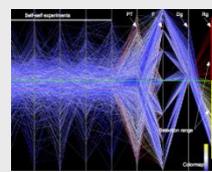
- Wenn Aufmerksamkeit des Anwenders **auf sich gezogen wird**, spricht man auch von **Userinterrupt**.
- Folgende Forderungen sind zu erfüllen:
 - Signal muss **einfach zu erkennen** sein, auch außerhalb des Fokus.
 - Signal sollte an **Aufgabe erinnern**, falls Anwender gerade keine Zeit hat.
 - Signal darf **nicht irritieren**.
 - Signal sollte mit seiner **Bedeutung gewichtet** werden können.
- **Ton, Objektbewegung, Objektblinken** und besonders **Erscheinen** neuer Objekte erzeugt Aufmerksamkeit.
- **Lautstärke, Geschwindigkeit** und **Frequenz** erlauben Gewichtung.



2.4 Visuelle Aufmerksamkeit

Symbolpuffer

- **Visueller Puffer für Symbole** im Kurzzeitgedächtnis umfasst **3-7 Elemente**.
- Elemente **verblassen** nach einiger Zeit; es dauert etwas, um sie zu laden.
- Puffer **beschränkt** unsere Verarbeitungskapazität.
- Elementauswahl hängt von unserer **visuellen Aufmerksamkeit** und von vorher **ablaufenden Prozessen im visuellen Kortex** ab (Vorverarbeitung visueller Information).
- Prozesse im Puffer sind sehr wichtig für Visualisierung, da sie **parallel für das gesamte Sichtfeld** ablaufen.



2.4 Visuelle Aufmerksamkeit

Beispiel

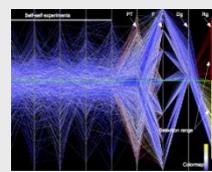
- Zählen der Ziffer '3' in den folgenden beiden Sequenzen

85689726984689762689764358922659865986554897689269898
02462996874026557627986789045679232769285460986772098
90834579802790759047098279085790847729087590827908754
98709856749068975786259845690243790472190790709811450
85689726984689762689764458922659865986554897689269898

85689726984689762689764**3**58922659865986554897689269898
024629968740265576279867890456792**3**2769285460986772098
908**3**4579802790759047098279085790847729087590827908754
9870985674906897578625984569024**3**790472190790709811450
85689726984689762689764458922659865986554897689269898

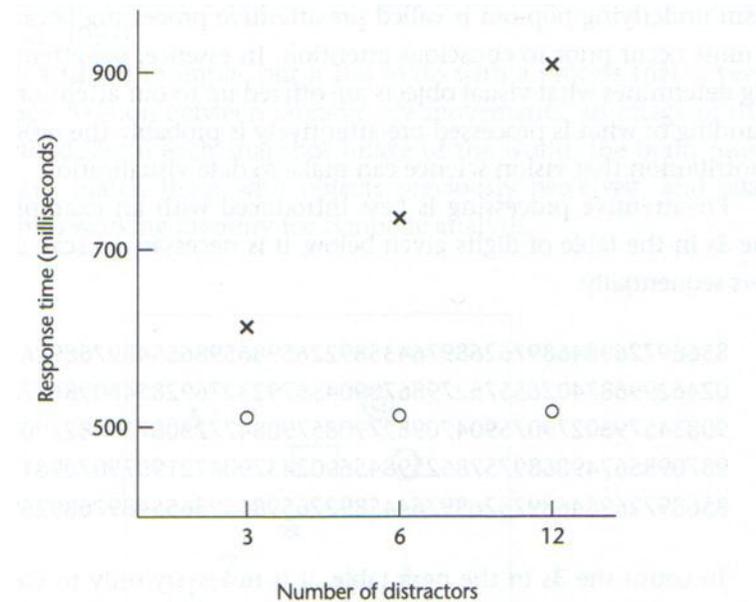
[Ware 2004]

- Helligkeit wird offensichtlich schon **vor 2. Verarbeitungsstufe** geprüft.



2.4 Visuelle Aufmerksamkeit

- Versuche zeigen, dass Hintergrund bei solchen Aufgaben **kaum eine Rolle** spielt.
- Aufgaben mit 10ms/Einheit **deutlich schneller** als sonst (40ms/Einheit, Hintergrund bei Einheiten mitzählen!) ablaufen
(„Präattentativ“ ist ein überholter Begriff für 1. Verarbeitungsstufe)



Typical results from a study of pre-attentive processing. The circles show time to perceive an object that is pre-attentively distinct from its surroundings. Time to process is independent of the number of irrelevant objects (distractors). The Xs show how time to process non-pre-attentively distinct targets depends on the number of distractors.

[Ware 2004]

2.4 Visuelle Aufmerksamkeit

Folgende Elemente können in **Vorverarbeitung** erfasst werden

- **Form:** Linienorientierung, Krümmung, Linienlänge, räumliche Gruppierung, Linienbreite, zusätzliche Markierung, Kollinearität, Anzahl
- **Farbe:** Farbton, Intensität
- **Bewegung:** Blinken, Bewegungsrichtung
- **Position:** 2D Position, Stereoskopische Tiefe, Konvexität (durch Schatten)

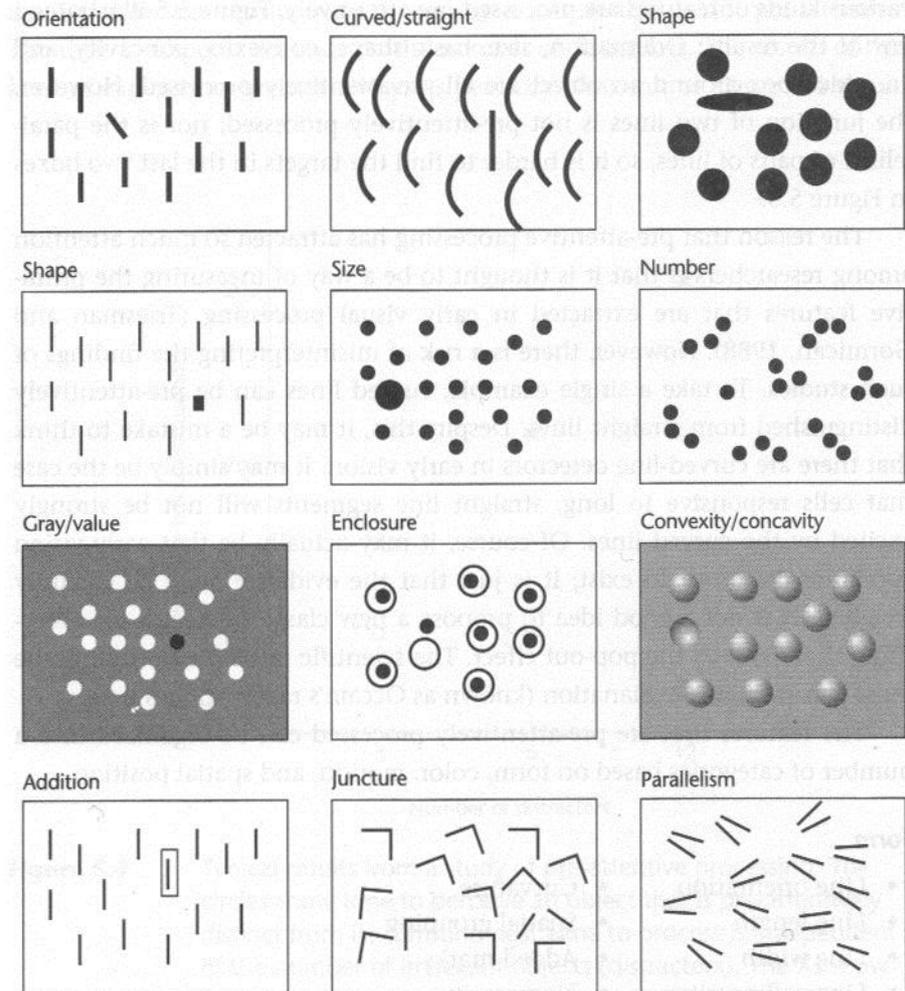
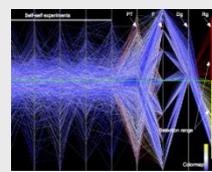


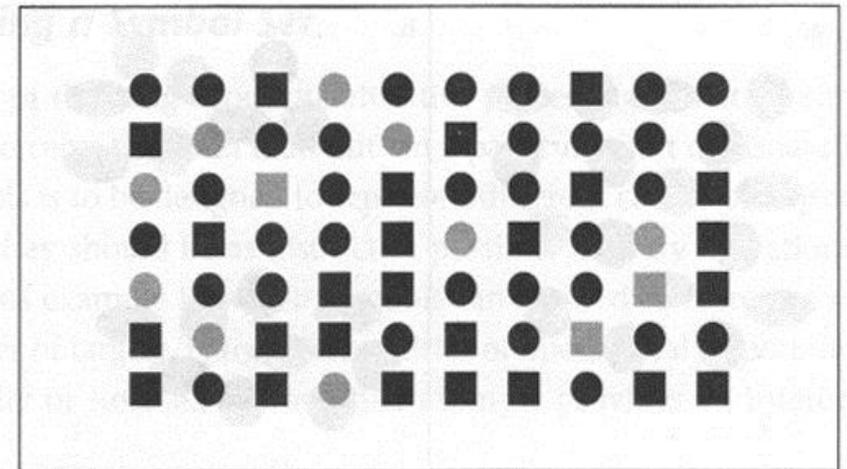
Figure 5.3 Most of the differences shown above are pre-attentively distinguished. Only juncture and parallelism are not.

[Ware 2004]

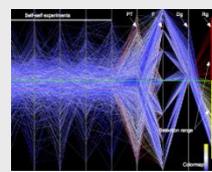


2.4 Visuelle Aufmerksamkeit

- Symbole für Visualisierung sollten **möglichst in Vorverarbeitung** zu unterscheiden sein.
- Dabei ist zu berücksichtigen, dass große Vielfalt der Symbole menschliche Leistung verringert.
- Interessanterweise unterstützen **fast alle obigen Elemente** in Form von Mustern unsere Fähigkeit Flächeninhalt zu schätzen.
- **Verknüpfung verschiedener Elemente kann nicht** in Vorverarbeitung unterschieden werden.



Searching for the gray squares is slow because they are identified by conjunction coding. [Ware 2004]

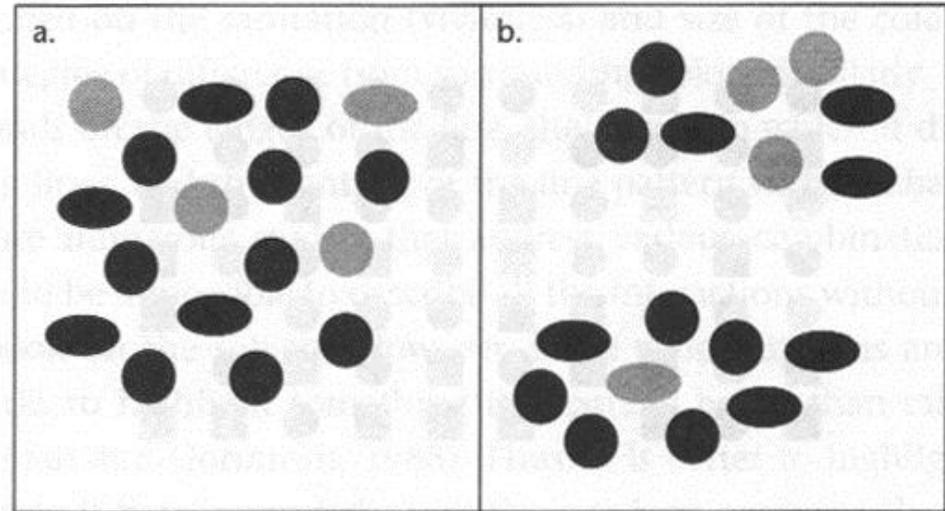


2.4 Visuelle Aufmerksamkeit

Bestimmte Kombinationen sind aber möglich

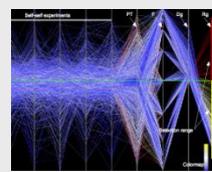
- Räumliche Cluster und Farbe
- Tiefe und Farbe
- Konvexität und Farbe
- Bewegung und Form

- Kombinationen **interagieren miteinander** (interference)



Spatial conjunction. The pattern on the left is a classic example of a pre-attentive conjunction search. To find the gray ellipses, either the gray things or the elliptical things must be searched. However, the example on the right shows that the search can be speeded up by spatial grouping. If attention is directed to the lower cluster, perceiving the gray ellipse is pre-attentive. This is a pre-attentive conjunction of spatial location and gray value.

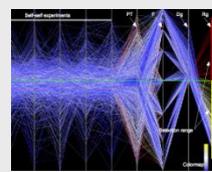
[Ware 2004]



2.4 Visuelle Aufmerksamkeit

Folgende Spezialisierungen werden vermutet

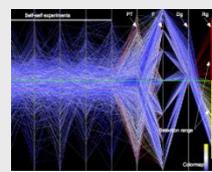
- Orientierung und Größe mit Berücksichtigung der Helligkeit
 - Farbe
 - Stereoskopische Tiefe
 - Bewegung
-
- Zuständige Neuronen sind **wie eine Karte der Retina** angeordnet
 - Fovea wird mehr Raum zugestanden
 - Karte ist entsprechend verzerrt



2.4 Visuelle Aufmerksamkeit

Grapheme

- Grapheme bezeichnen die **primitiven Elemente** der visuellen Wahrnehmung
- Haben in Phonemen (kleinste bedeutungsunterscheidende, aber nicht selbst bedeutungstragende Einheiten) der Sprache ihre Entsprechung
- Grapheme lassen sich als Muster definieren, die ein Neuron im **visuellen System am stärksten ansprechen**, unter der Annahme, dass
 - **Signalrate von Neuronen** die Kodierung menschlicher Wahrnehmung ist (und nicht etwa der zeitliche Abstand oder die Synchronisation von Gruppen von Neuronen)
 - zuerst beteiligte Neuronen über **Verschiedenartigkeit der Objekte** (Grapheme) entscheiden
 - spätere Neuronen in **Verarbeitungskette** daraus Objekte (Worte) erzeugen



2.4 Visuelle Aufmerksamkeit

Gabormodell und Textur

- In visuellen Bereichen 1 und 2 gibt es eine große Anzahl von Neuronen
- Sind auf **Orientierung und Position** spezialisiert

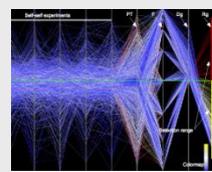
- Arbeiten nur über Helligkeit.

Als Filtermodell dient Gaborfilter

$$F(\mathbf{x}) = C \cos\left(\frac{\mathbf{O}\mathbf{x}}{S}\right) \exp\left(-\frac{\mathbf{x}_1^2 + \mathbf{x}_2^2}{S}\right)$$

mit Kontrast C , Ausdehnung S und Rotationsmatrix O

- Mit Hilfe dieser Neuronen segmentieren wir Texturen nach
 - **dominanter Frequenz**
 - **räumlicher Orientierung** und
 - **Kontrast**



2.4 Visuelle Aufmerksamkeit

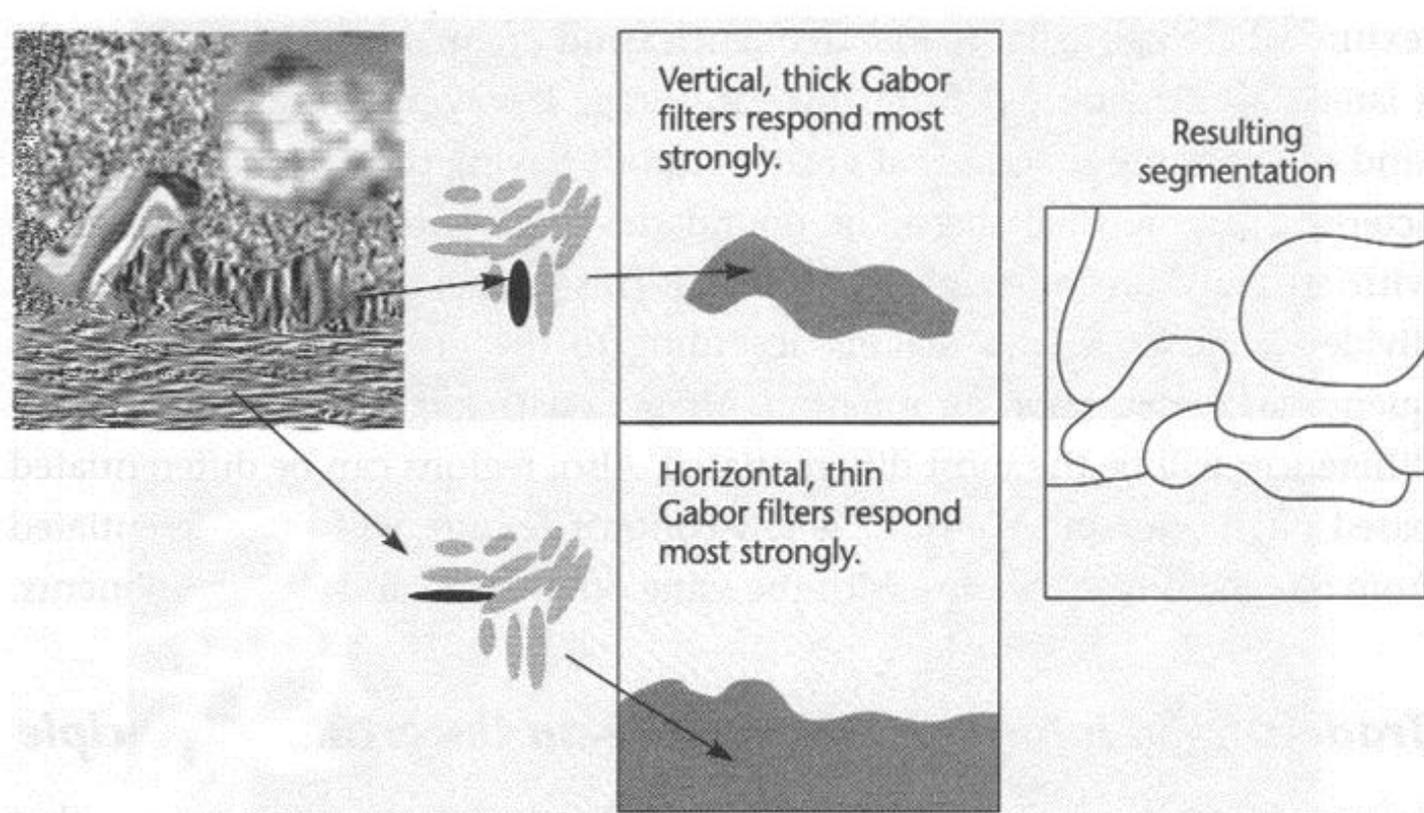
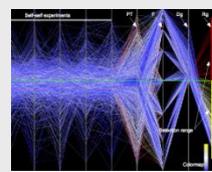


Figure 5.12 The texture segmentation model. Two-dimensional arrays of Gabor detectors filter every part of the image for all possible orientations and sizes. Areas exciting particular classes of detectors form the basis of visually distinct segments of the image.

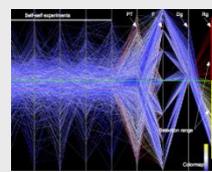
[Ware 2004]



2.4 Visuelle Aufmerksamkeit

Unschärferelation

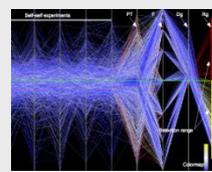
- Bei Texturerkennung gilt Unschärferelation.
- 2. Dogma nach Barlow [Perception 1:371ff, 1972]: wir besitzen ein nach **räumlicher Lage und räumlicher Frequenz gleichermaßen optimiertes visuelles System.**
- Gaborfilter sind hier optimal: bei fester Anzahl von Rezeptoren ist Präzision der räumlichen Lage mit Frequenzungenauigkeit zu bezahlen und umgekehrt.
- Dabei erreichen Gaborfilter das **theoretische Optimum** des Trade-offs.
[Daugman, J. Optical Society of America, A/2:1160f, 1985]



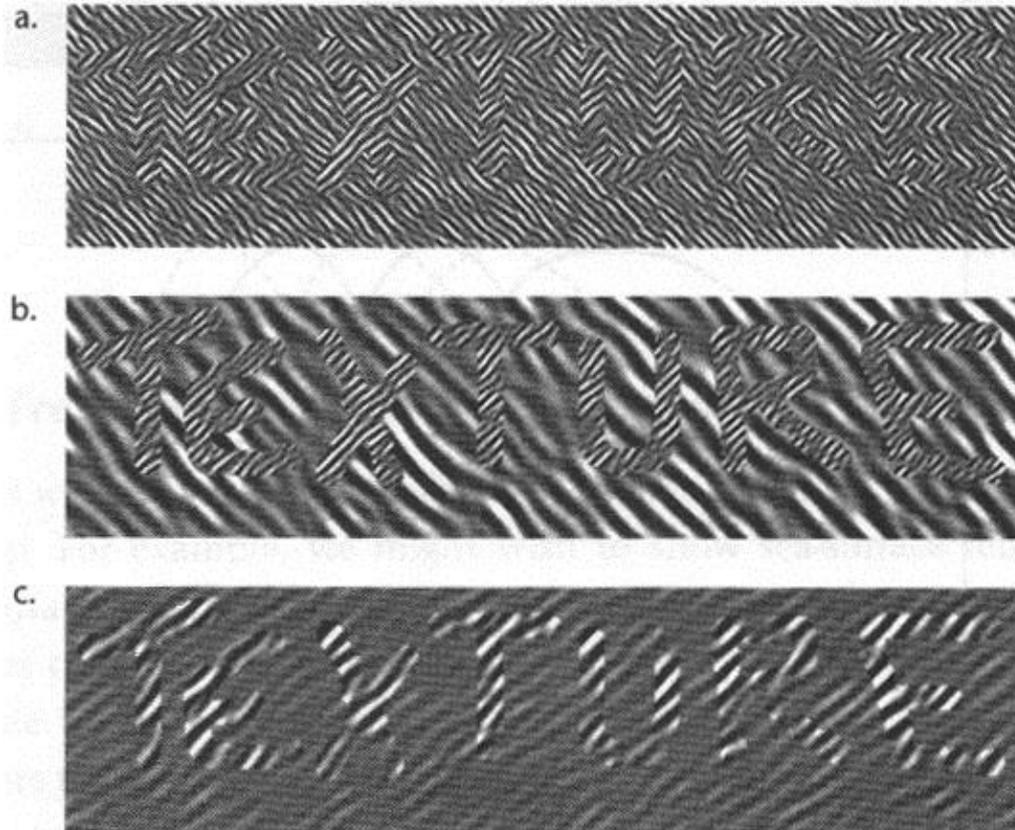
2.4 Visuelle Aufmerksamkeit

Texturkodierung von Information

- Da die Segmentierungsleistung des Gehirns vermutlich auf Gaborfiltern beruht, sind **Texturen mit Gaborprimitiven optimal** .
- Beachte: beim Menschen sind **niedrigfrequente Kosinuskomponenten stets mit großen Gaußkomponenten** gekoppelt; analog hochfrequente mit kleinen Gaußkomponenten.
- Sinnvolle Texturgenerierung basiert daher auf
 - Orientierung O
 - Skala S ($= 1 / \text{Raumfrequenz}$)
 - Kontrast C
- Auch **andere Texturmodelle möglich**, solange sie sich in O , S und C unterscheiden.

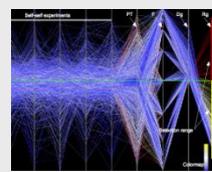


2.4 Visuelle Aufmerksamkeit



The word *TEXTURE* is visible only because of texture differences between the letters and the background; overall luminance is held constant. (a) Only texture orientation is altered. (b) Texture orientation and size are altered. (c) Texture contrast is altered.

[Ware 2004]



2.4 Visuelle Aufmerksamkeit

Nötige Differenz (Gabor-Texturen)

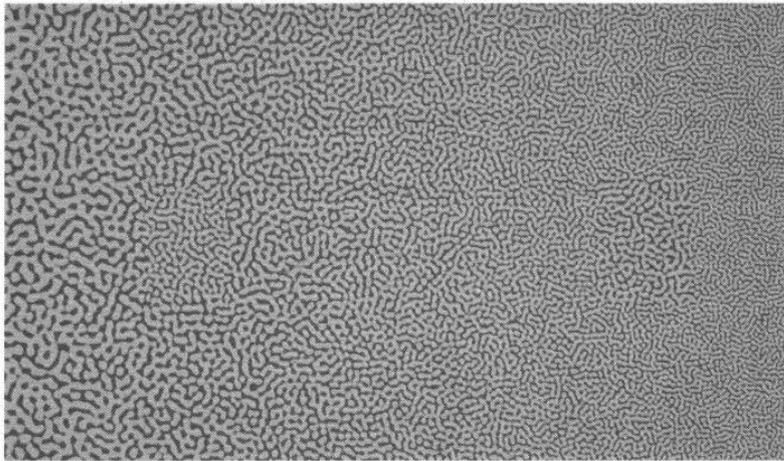
- Frequenzempfindlichkeit sinkt auf 50%, wenn Entfernung um Faktor 3 abfällt.
- Für Orientierung gilt eine **Änderung um 30° als gut wahrnehmbar** durch visuelle Vorverarbeitung (low-level).

- Aber: Größenänderung von 9% ist sichtbar und Winkeldifferenzen von 5°.
- Spätere Verarbeitungsprozesse helfen hier.

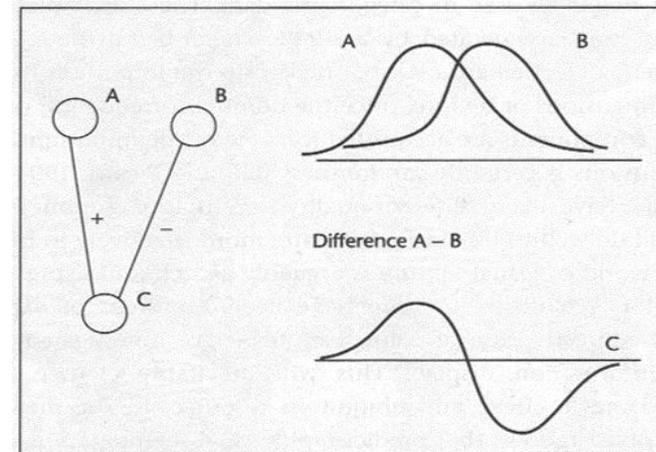
2.4 Visuelle Aufmerksamkeit

Texturkontrasteffekte

- Wie bei **Farbe** und vor allem bei **Helligkeit** verstärkt oder schwächt **Umgebung** den **Eindruck** der Textur

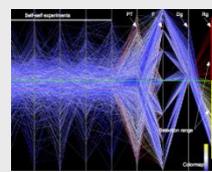


Texture contrast effect. The two patches left of center and right of center have the same texture granularity, but texture contrast makes them appear different.



Differences between two signals are created by an excitatory and an inhibitory connection. [Ware 2004]

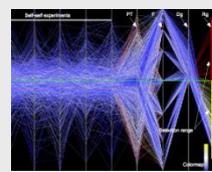
- Als weitere Texturdimension kommt sicher **Zufälligkeit** in Frage, sowie weitere noch unbekannte Dimensionen
- Welt der Texturen so reichhaltig wie die der Farben**



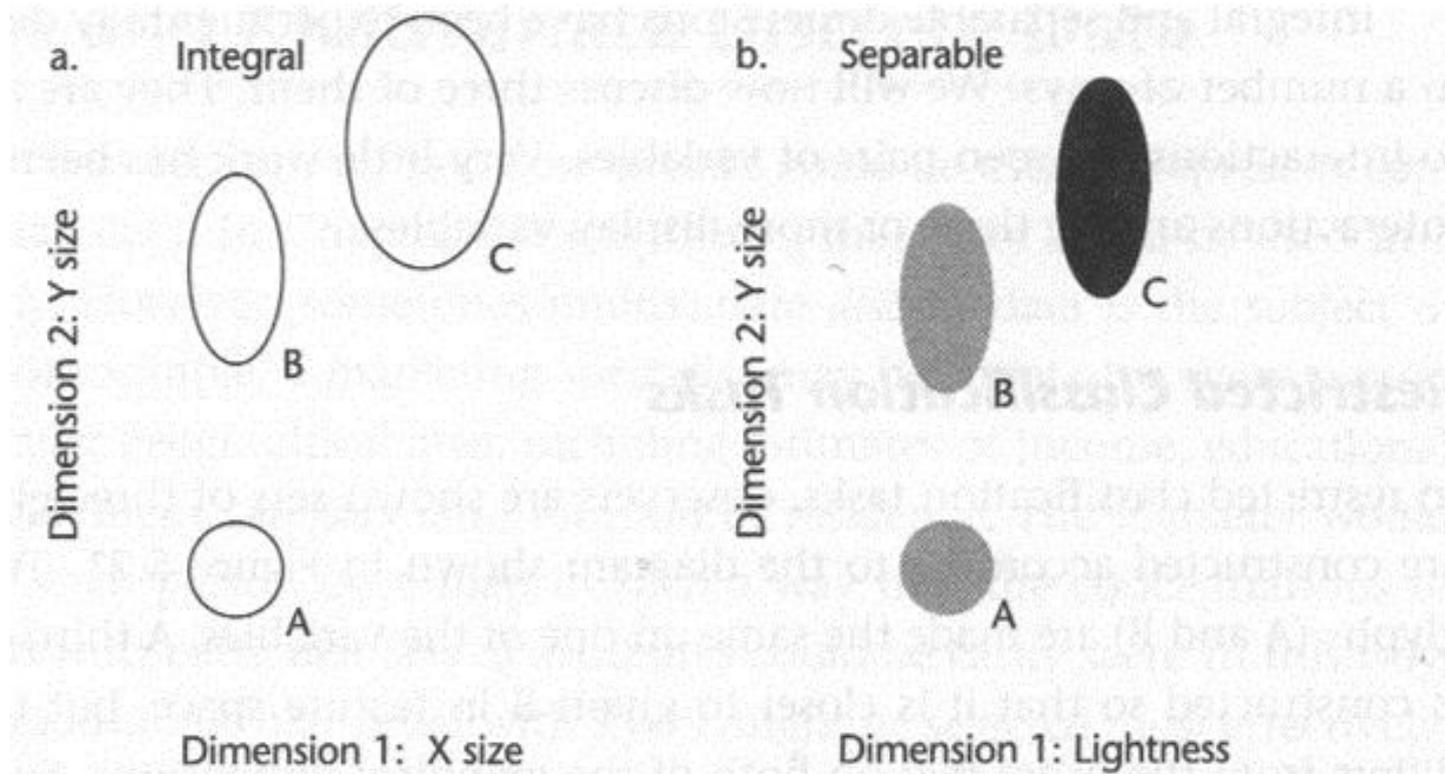
2.4 Visuelle Aufmerksamkeit

Glyphen und multivariate Daten

- Glyph ist graphisches Objekt zur Repräsentation eines **multivariaten** Datenobjektes.
- Bei graphischen Dimensionen (Variablen) gibt es **trennbare und integrale** Kombinationen.
- **Integrale** Dimensionen sind etwa die beiden **Farbkanäle**, da Rot und Grün Gelb ergeben
- **Trennbare** Dimensionen sind z. B. **Durchmesser** und **Farbe**.
- Ob graphische Variablen **gemeinsam** (integral) oder **getrennt** (separat) wahrgenommen werden, muss durch Experimente ermittelt werden.

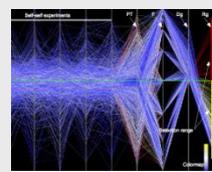


2.4 Visuelle Aufmerksamkeit

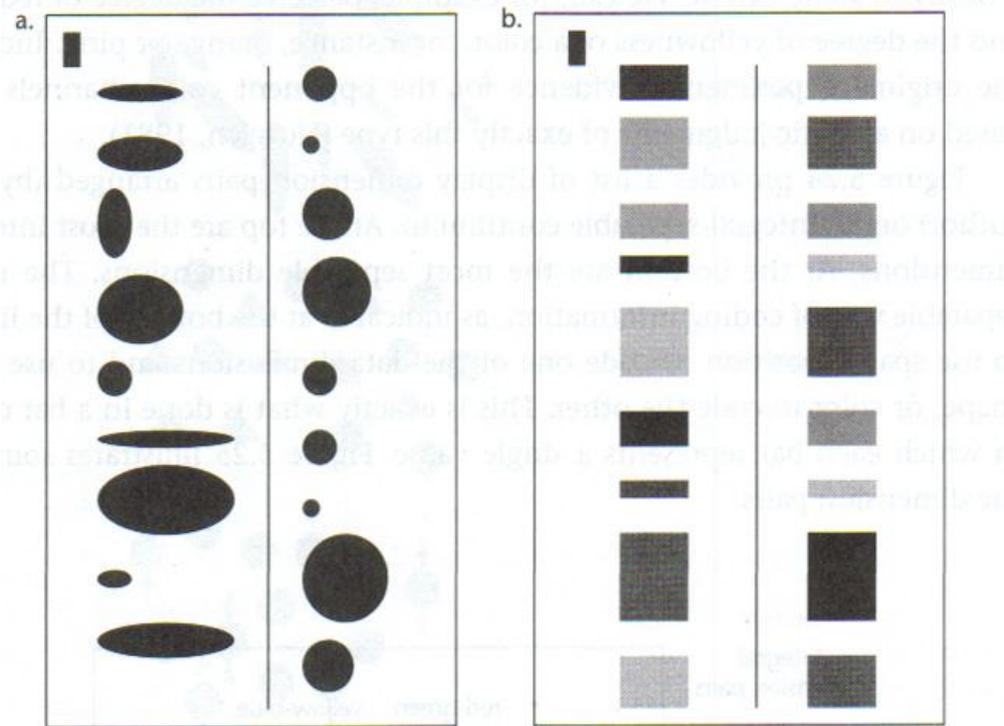


(a) The width and height of an ellipse are perceived integrally; therefore, B and C are perceived as more similar. (b) The gray value and the height of an ellipse are perceived as separable; therefore, A and B, which have identical lightness, are perceived as more similar.

[Ware 2004]

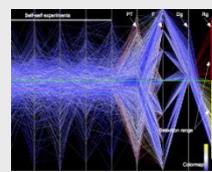


2.4 Visuelle Aufmerksamkeit



Patterns for a speeded classification task. Subjects are required to respond positively only to those glyphs that have the same height as the black bar in the upper-left corner. (a) Integral dimensions. In the first column, a second integral dimension is randomly coded by horizontal size (interference condition). In the second column, width information is redundantly coded with height information. (b) Separable dimension. In the first column, gray information is not correlated with height. In the second column, gray level is a redundant code.

[Ware 2004]



2.4 Visuelle Aufmerksamkeit

- Diese Unterscheidung ist **nicht strikt**; es gibt schleichende Übergänge

Integral dimension pairs

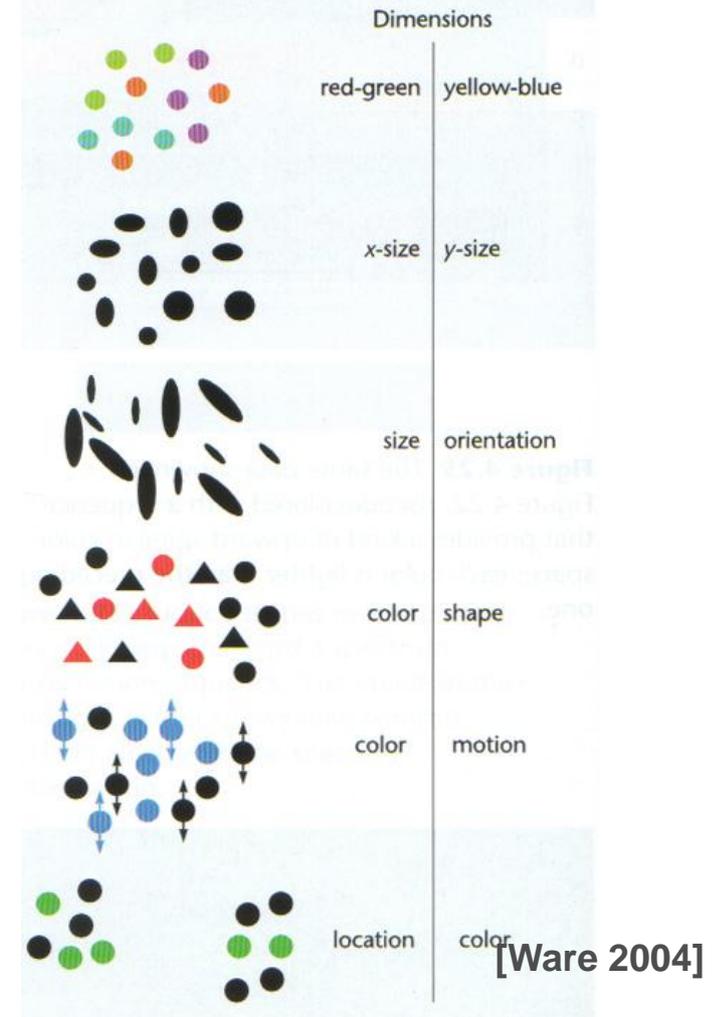


Separable dimension pairs

red-green	yellow-blue
red-green	black-white
shape height	shape width
shape	size
color	size
direction of motion	shape
color	shape
color	direction of motion
x,y position	Size, shape, or color

This table lists some of the display dimension pairs ranked in order from highly integral to highly separable.

Figure 5.25 Examples of glyphs coded according to two display attributes. At the top are more integral coding pairs. At the bottom are more separable coding pairs.



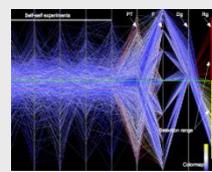
2.4 Visuelle Aufmerksamkeit

- Für multidimensionale Daten stehen 8 Dimensionen zur Auswahl, die alle mindestens 2 Bit kodieren können
- Aber **nur trennbare** Variablen können verwendet werden: es bleiben etwa 32 (5 Dim‘) verschiedene Glyphen übrig.
- Diese können von visueller Vorverarbeitung schnell unterschieden werden.

Visual variable	Dimensionality	Comment
Spatial position of glyph	3 dimensions: X, Y, Z.	
Color of glyph	3 dimensions: defined by color opponent theory.	Luminance contrast is needed to specify all other graphical attributes.
Shape	2–3? Dimensions unknown.	The dimensions of shape that can be rapidly processed are unknown. However, evidence suggests that size and degree of elongation are two primary ones.
Orientation	3 dimensions: corresponding to orientation about each of the primary axes.	Orientation is not independent of shape. One object can have rotation symmetry with another.
Surface texture	3 dimensions: orientation, size, and contrast.	Not independent of shape or orientation. Uses up one color dimension.
Motion coding	2–3? Dimensions largely unknown, but phase may be useful.	
Blink coding: The glyph blinks on and off at some rate.	1 dimension.	Motion and blink coding are highly interdependent.

Graphical attributes that may be used in glyph design.

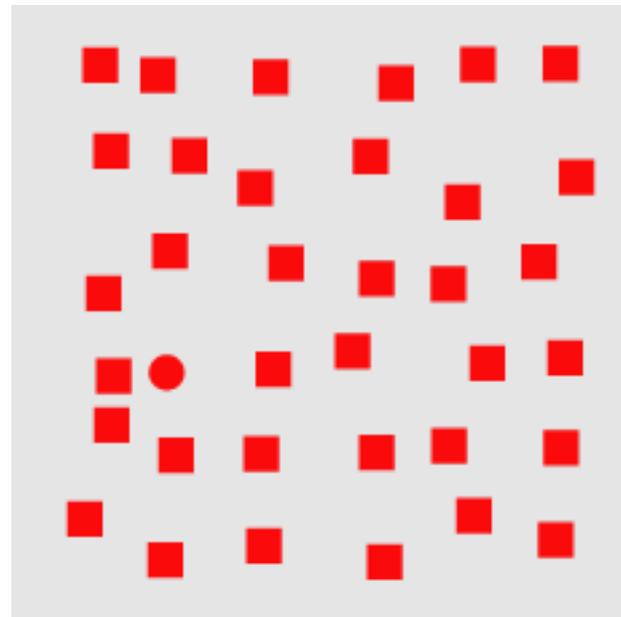
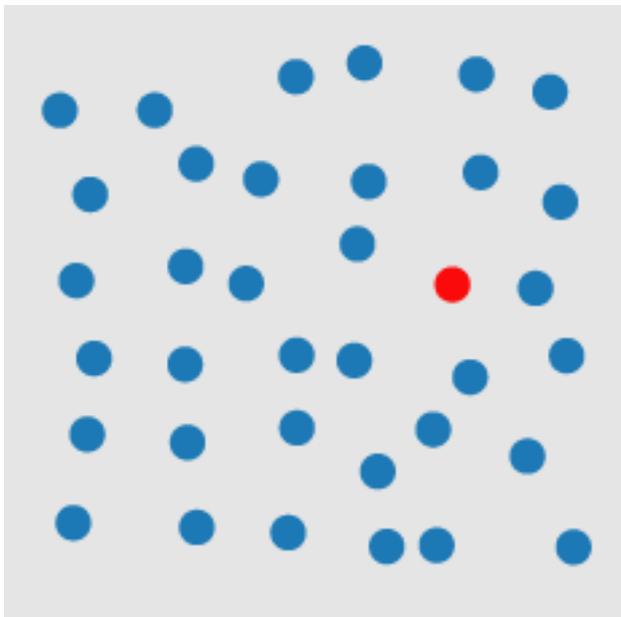
[Ware 2004]



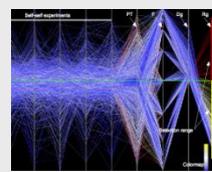
2.4 Visuelle Aufmerksamkeit

Attribute für Low-Level Wahrnehmung

- Farbe vs. Form



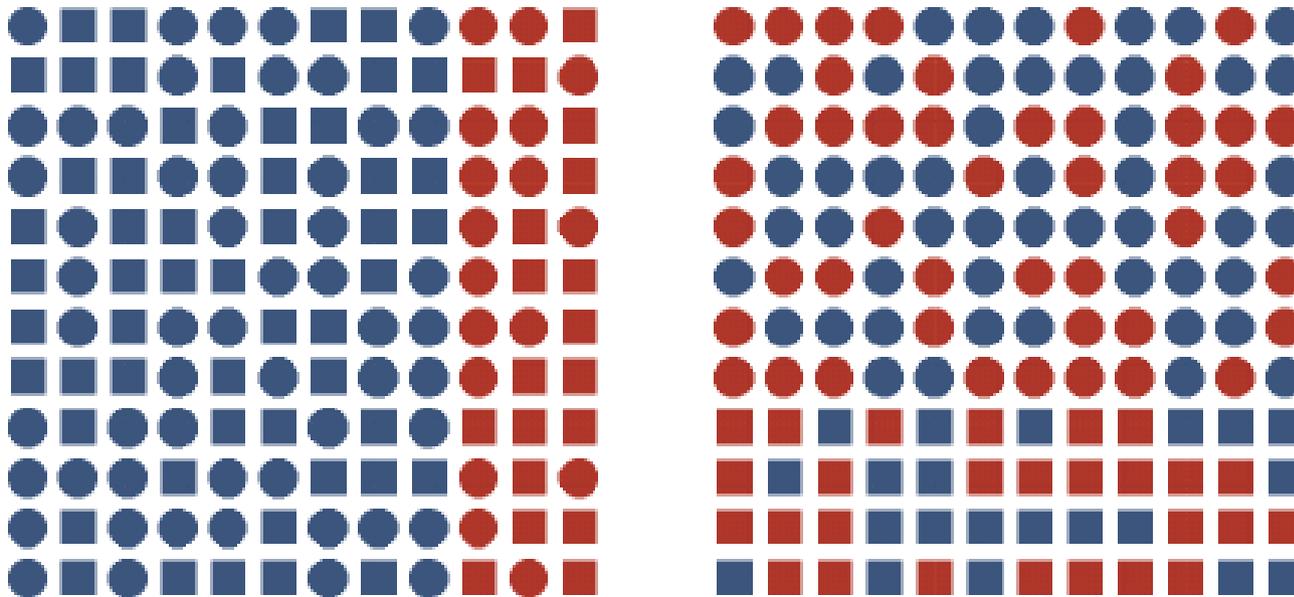
[Healey 1996]



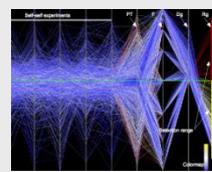
2.4 Visuelle Aufmerksamkeit

Attribute für Low-Level Wahrnehmung: Farbe vs. Form

- Farbe vs. Form
- Interaktion/Interferenz zwischen Attributen



[Healey 1996]



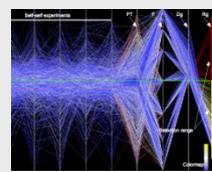
2.5 Muster und Bewegung

Ziel von Visualisierung

- **Nutzung menschlicher Mustererkennungsfähigkeiten**
- zur Entdeckung bislang **unbekannter Muster** in den Daten oder
- von Mustern, die von der **Erwartung/Norm abweichen**

Hier: **Prinzipien** nach denen wir

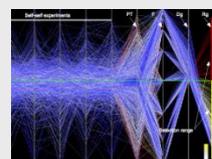
- den 2D-Raum in Teile zerlegen,
- Objekte erkennen,
- Gruppen von Objekten bilden oder
- Muster als ähnlich betrachten



2.5 Muster und Bewegung

Gestaltgesetze

- **Gestaltschule** der Psychologie (Wertheimer, Koffka, Kohler) [Koffka, 1935]
„Das Ganze ist verschieden von der Summe seiner Teile“
- Mustererkennung beim Menschen folgt grundlegenden Regeln (Gestaltprinzipien); die acht wichtigsten sind
 - Nähe
 - Ähnlichkeit
 - Symmetrie
 - Verbundenheit
 - Stetigkeit
 - Konvexität und Abschluss
 - Relative Größe
 - Erlerntes Wissen

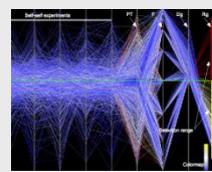


2.5 Muster und Bewegung

Gestaltgesetze

- Typisches Problem: **Figur-Grund-Trennung**
- **Prinzip der Prägnanz**: Mensch wählt bevorzugt als mentales Bild das einfachste mit den Informationen Übereinstimmende aus.

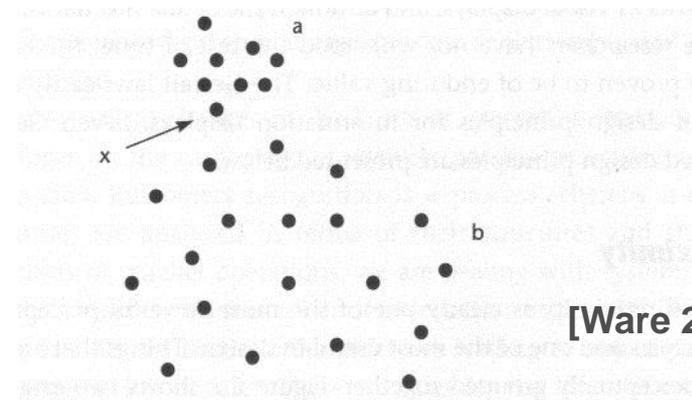
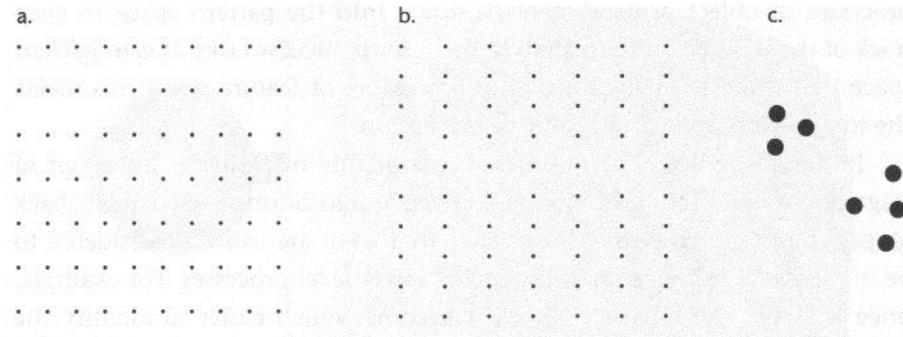




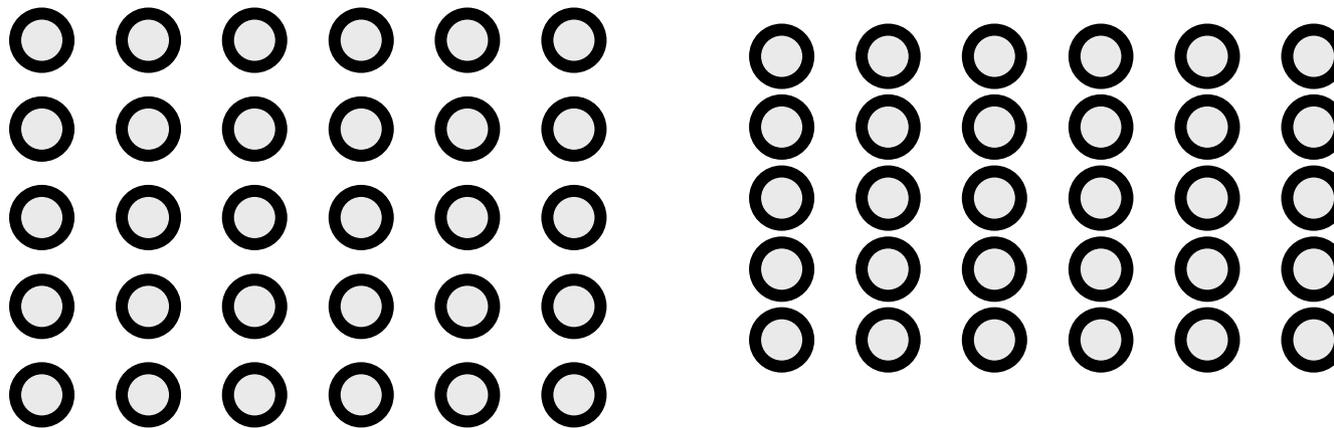
2.5 Muster und Bewegung

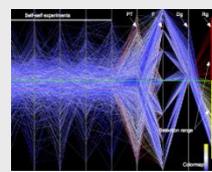
Nähe

- **Räumlich nahe** Objekte werden gruppiert und als Einheit aufgefasst.
- Geringe Unterschiede sind schon wichtig.



[Ware 2004]

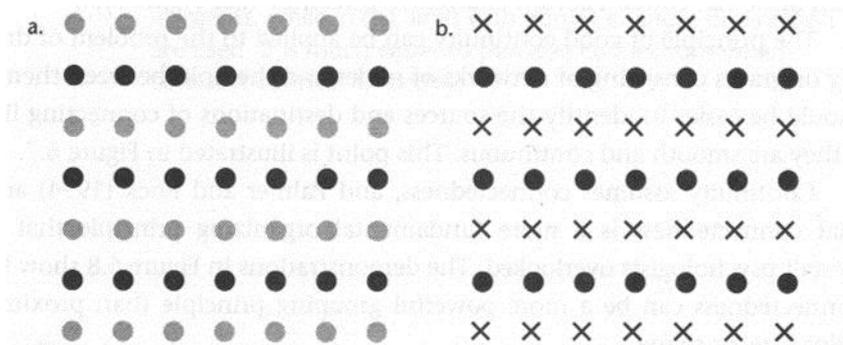




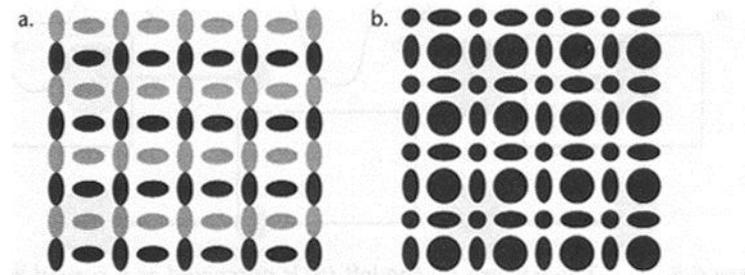
2.5 Muster und Bewegung

Ähnlichkeit

- **Gleiche oder ähnliche** Objekte werden ebenfalls zusammen gruppiert

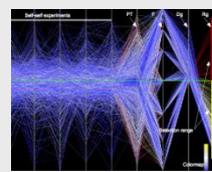


According to the Gestalt psychologists, similarity between the elements in alternate rows causes the row percept to dominate.



(a) Separable dimensions are used to delineate rows and columns. (b) Integral dimensions are used, and the result is that the overall pattern emerges more strongly.

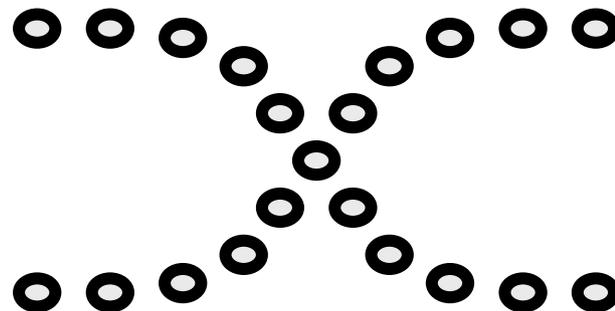
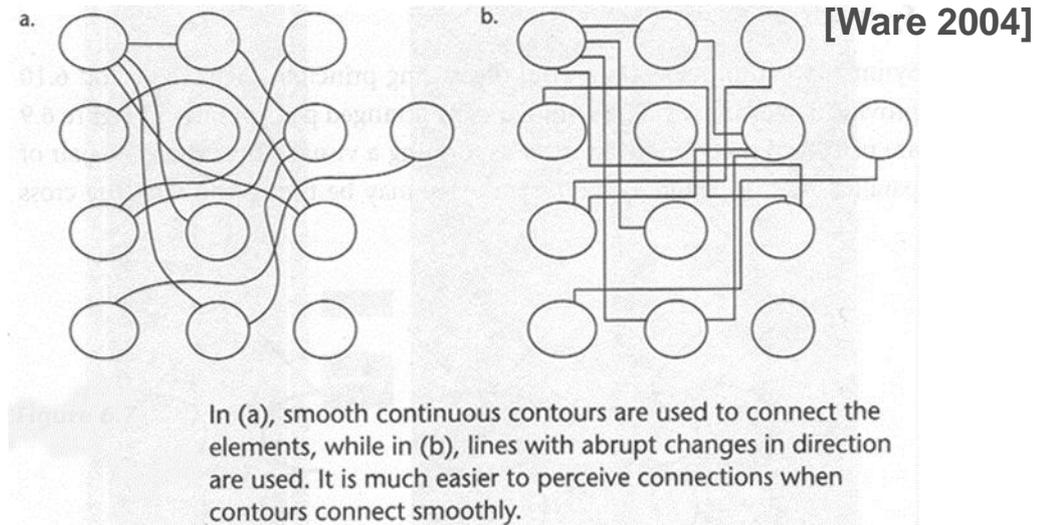
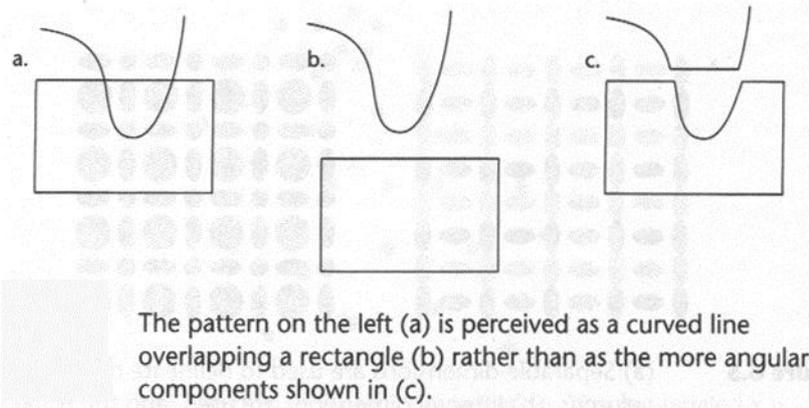
[Ware 2004]

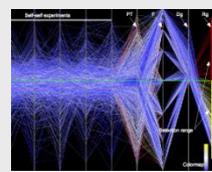


2.5 Muster und Bewegung

Stetigkeit

- Erzeugt eher Objekte aus **glatt und stetig miteinander verbundenen** graphischen Elementen

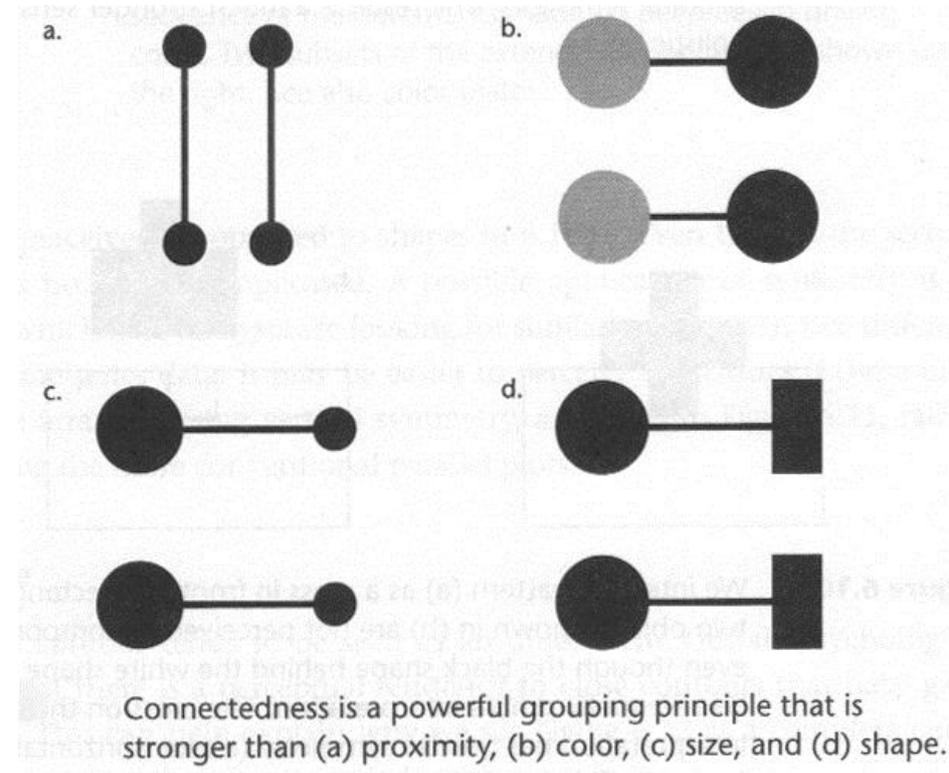




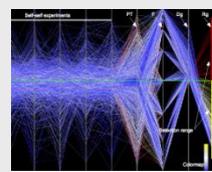
2.5 Muster und Bewegung

Verbundenheit

- Manche Forscher [Palmer, Rock, 1994] sehen Verbundenheit als das wesentliche Element an.
- Bindung durch **Verbundenheit bzw. Stetigkeit ist dabei stärker** als Nähe oder Ähnlichkeit.



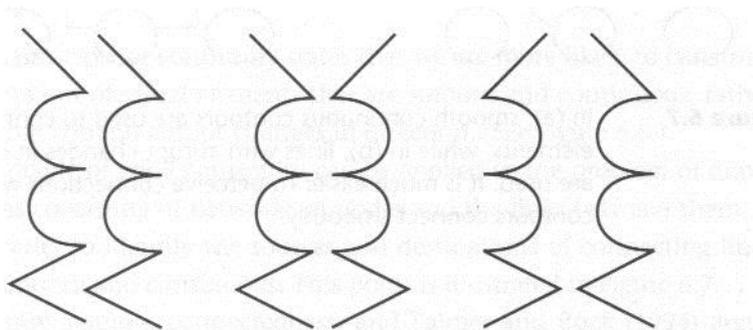
[Ware 2004]



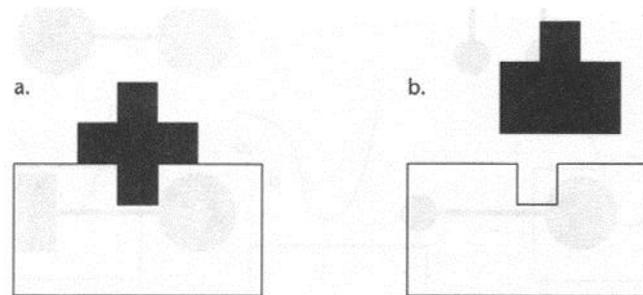
2.5 Muster und Bewegung

Symmetrie

- Symmetrie begünstigt die Zusammenfassung zu einem Objekt und erlaubt **Entdeckungen von Abweichungen.**

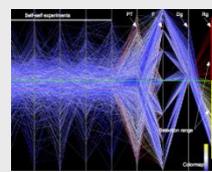


The pattern on the left consists of two identical parallel contours. In each of the other two patterns, one of the contours has been reflected about a vertical axis, producing bilateral symmetry. The result is a much stronger sense of a holistic figure.

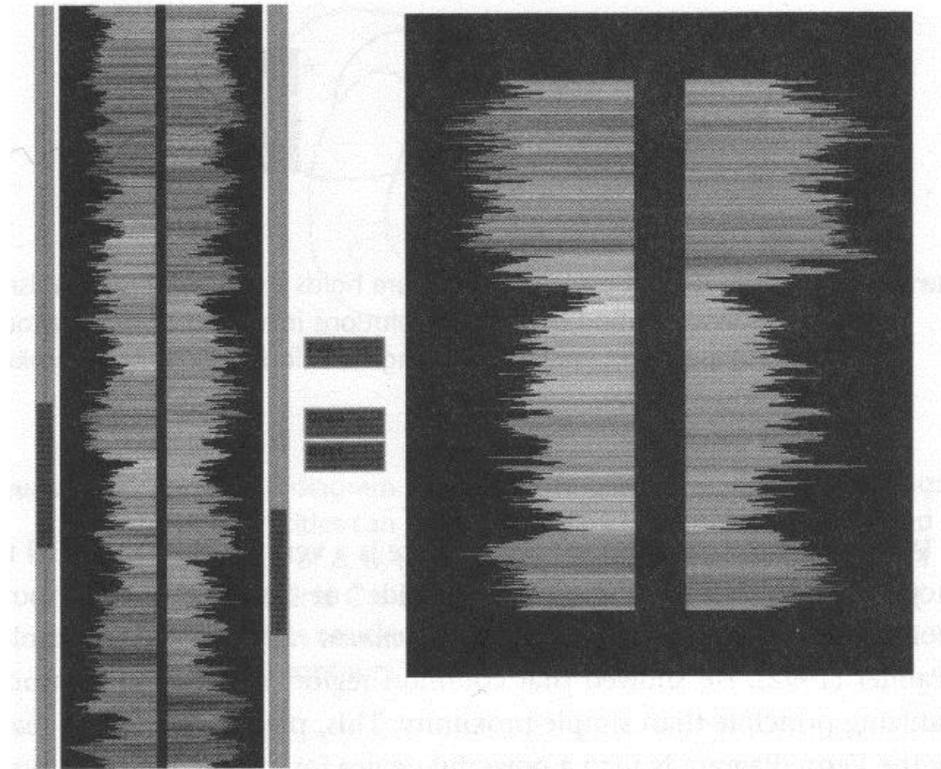


We interpret pattern (a) as a cross in front of a rectangle. The two objects shown in (b) are not perceived as components even though the black shape behind the white shape would be an equally simple interpretation. The cross on the rectangle interpretation has greater symmetry (about horizontal axes) for both of the components.

[Ware 2004]

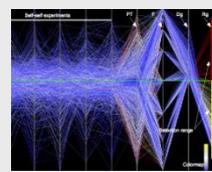


2.5 Muster und Bewegung



An application designed to allow users to recognize similar patterns in different time-series plots. The data represents a sequence of measurements made on deep ocean drilling cores. Two subsets of the extended sequences are shown on the right. See also color plates.

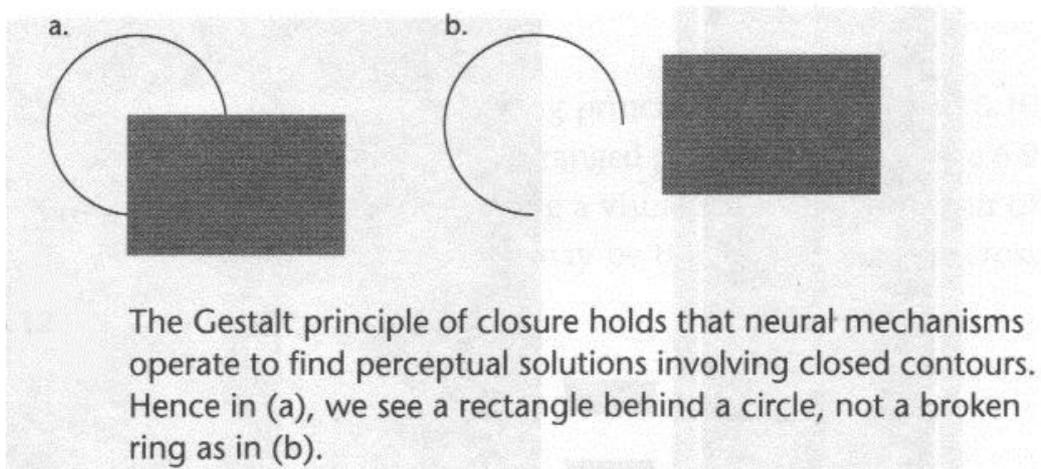
[Ware 2004]



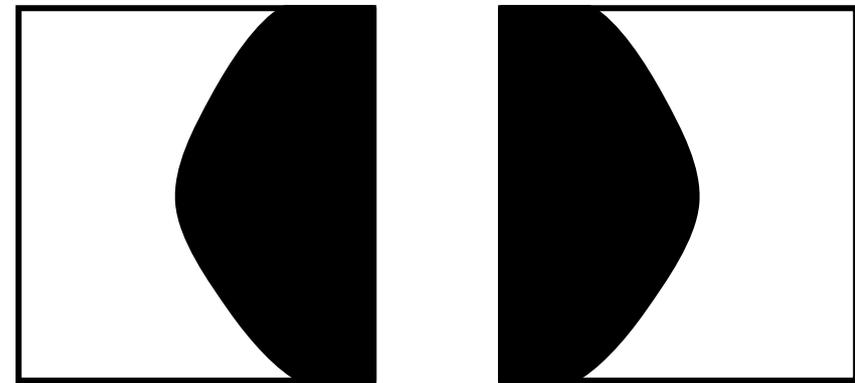
2.5 Muster und Bewegung

Abschluss und Konvexität

- Geschlossene Konturen werden **häufig als Objekte** wahrgenommen.

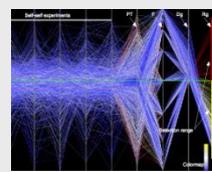


Prinzip des Abschluss

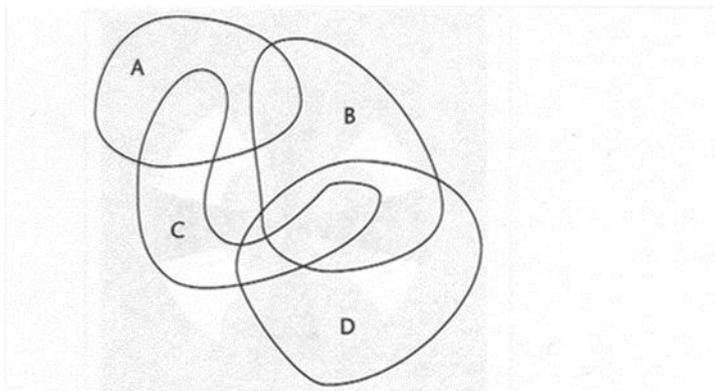


Prinzip der Konvexität

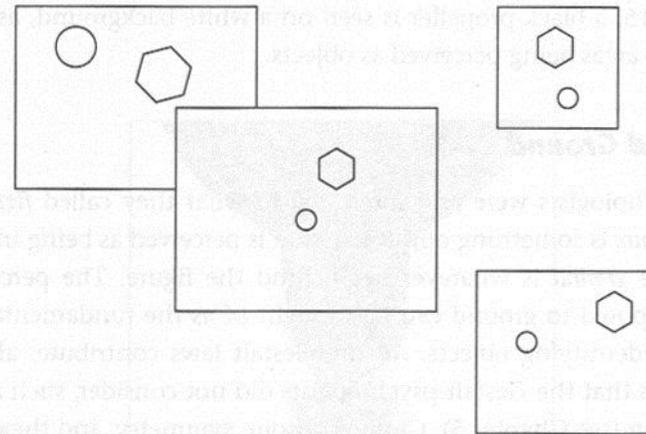
[Ware 2004]



2.5 Muster und Bewegung

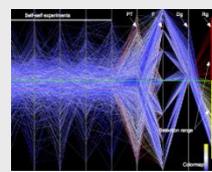


A Venn diagram. This diagram tells us (among other things) that entities can simultaneously be members of sets A and C but not of A, B, and C. Also, anything that is a member of both B and C is also a member of D. These rather difficult concepts are clearly expressed and understood by means of closed contours.



Closed rectangular contours strongly segment the visual field. They also provide reference frames. Both the positions and the sizes of enclosed objects are, to some extent, interpreted with respect to the surrounding frame.

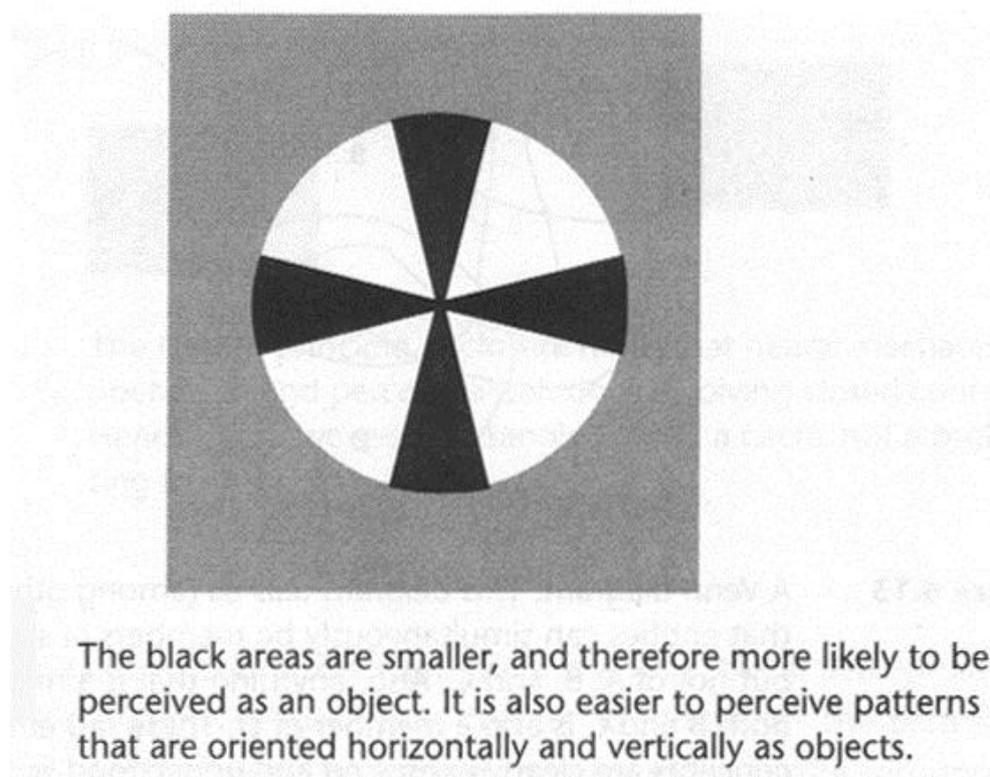
[Ware 2004]



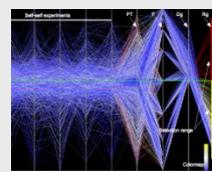
2.5 Muster und Bewegung

Relative Größe

- **Kleinere Bereiche in Segmentierung** werden als Objekte erfasst.



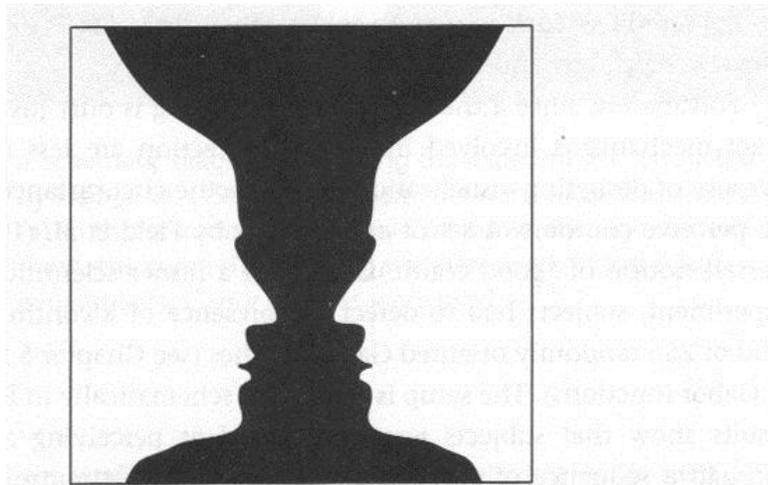
[Ware 2004]



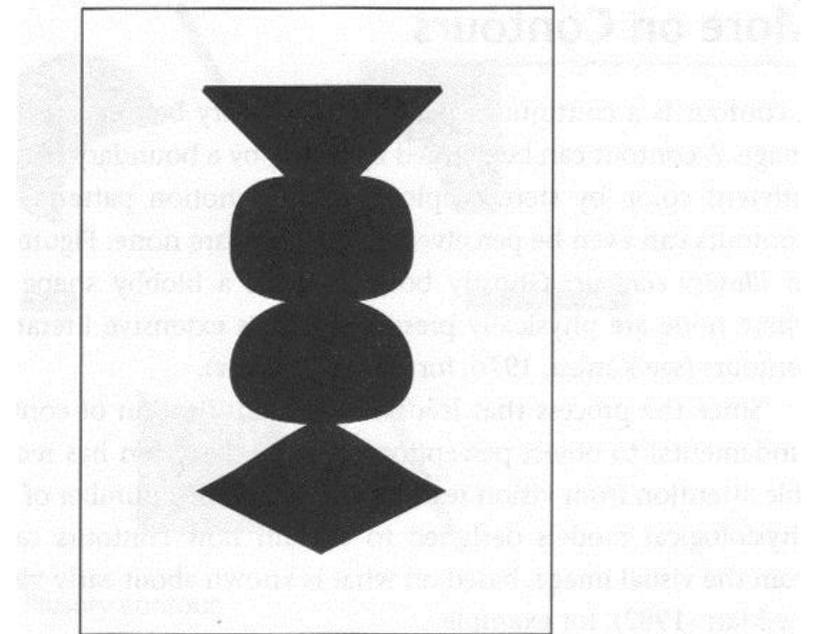
2.5 Muster und Bewegung

Figur und Hintergrund

- Gestaltgesetze und Textursegmentierung **führen zur Definition** von Objekt und Hintergrund.
- Es kann Unstimmigkeiten geben.

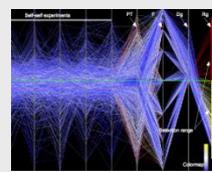


Rubin's Vase. The cues for figure and ground are roughly equally balanced, resulting in a bistable percept of either two faces or a vase.



Symmetry, surrounding white space, and a closed contour all contribute to the strong sense that this shape is figure, rather than ground.

[Ware 2004]

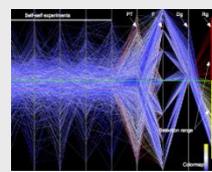


2.5 Muster und Bewegung

Nähe vs Geschlossenheit

T A E C A T

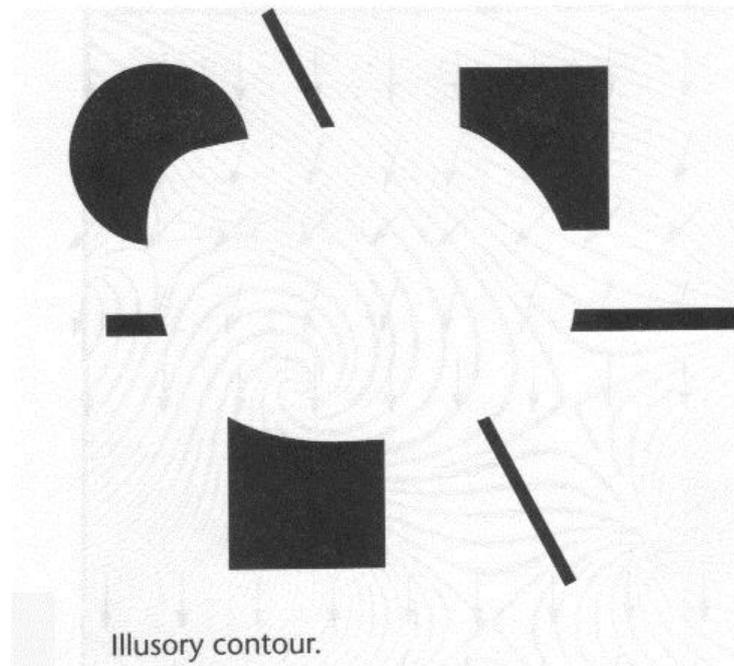
Ausnutzung erlernten Wissens



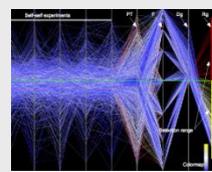
2.5 Muster und Bewegung

Konturen

- Starke Tendenz **Konturen zu erkennen**, selbst wenn keine vorhanden sind.
- Allerdings fehlt hier noch ein vollständiges Verständnis.
- Klar ist: **elementare Formen und bekannte Objektkonturen** werden **bevorzugt**.

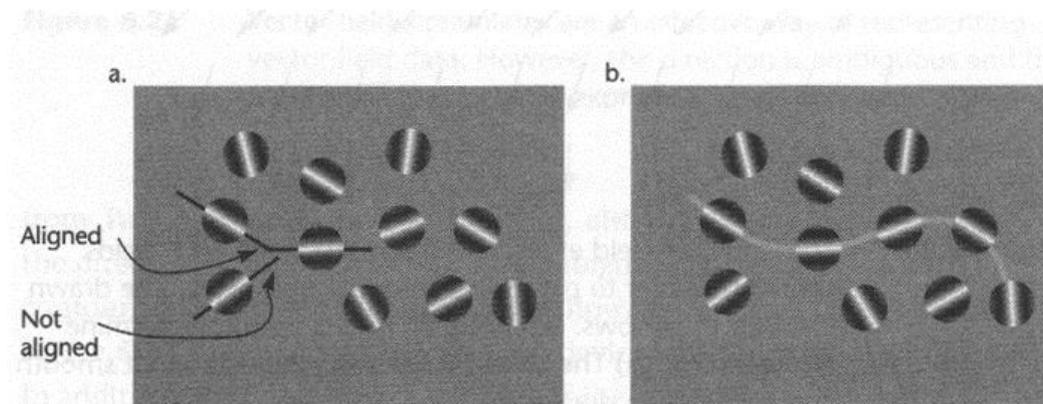


[Ware 2004]



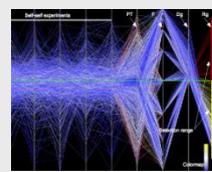
2.5 Muster und Bewegung

- Bei Gabortexturen können **ähnliche Richtungen** zur Wahrnehmung von Konturen beitragen



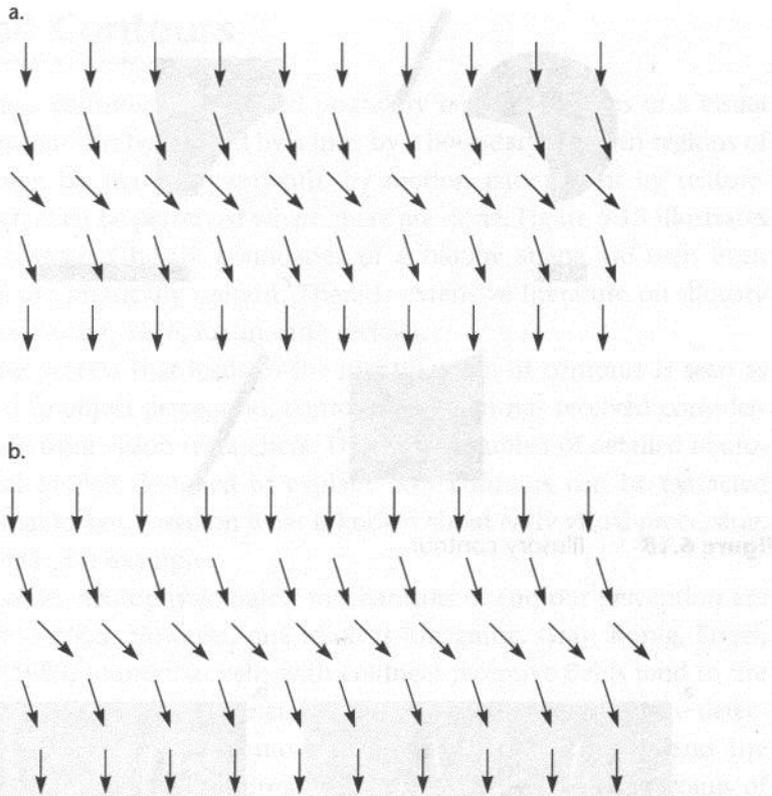
A schematic diagram illustrating the experiments conducted by Field et al. (1993). If the elements were aligned as shown in (a) so that a smooth curve could be drawn through some of them, the curve shown in (b) was perceived. In the actual experiments, Gabor patches were used.

[Ware 2004]

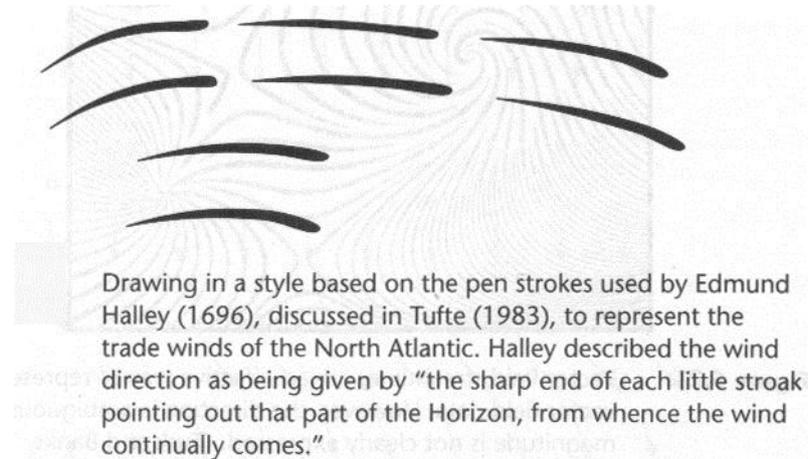


2.5 Muster und Bewegung

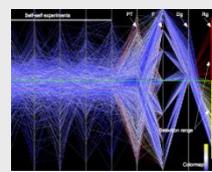
- Ausnutzung in **Strömungsvisualisierung**



The results of Field et al. (1993) suggest that vector fields should be easier to perceive if smooth contours can be drawn through the arrows. (a) A regular grid is used to determine arrow layout. (b) The arrows have been shifted so that smooth contours can be drawn through the arrows. As theory predicts, the latter is more effective.



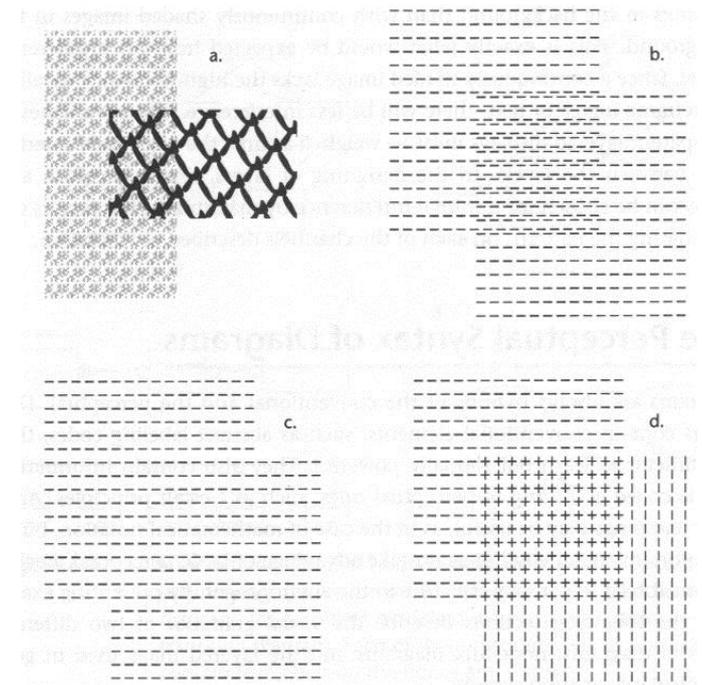
[Ware 2004]



2.5 Muster und Bewegung

Transparenz

- Zu **Interferenz** zwischen **transparenten Ebenen kommt es oft**, da Ebenen nicht korrekt getrennt werden.
- **Starke Kontinuität** innerhalb der Ebenen und **unterschiedliche Werte** der graphischen Variablen von Ebene zu Ebene helfen hier sehr.

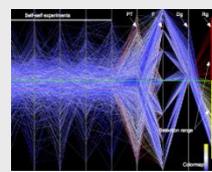


Watanabe and Cavanaugh (1996) called the texture equivalent of transparency "laciness." This figure is based on their work. (See text for an explanation.)

[Ware 2004]

Wahrnehmungssyntax von Diagrammen

- Diagramme sind oft hilfreich, weil sie an Wahrnehmung und an Konventionen orientierte Elemente enthalten.
- Besonders **graphenartige Diagramme, die aus Knoten und Verbindungen** bestehen, erfüllen dieses Kriterium und sind weit verbreitet:
z. B. Organisationsdiagramme oder Softwareentwurf
- Diagramme arbeiten mit **geschlossenen Konturen** für Objekterkennung bei Knoten, und **Kontinuität** als starkem Verbindungsindikator.
- Solche Knoten–Verbindungsdiagramme eignen sich sehr gut für Einheit-Relationen-Modelle.
- Aber: Linien können **durchaus mehrdeutig** sein.



2.5 Muster und Bewegung

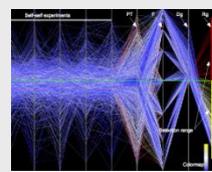
- Einzelnen Elemente (Syntax) dieser Diagramme

Graphical Code	Visual Instantiation	Semantics
1. Closed contour.		Entity, object, node.
2. Shape of closed region.		Entity type.
3. Color of enclosed region.		Entity type.
4. Size of enclosed region.		Entity value. Larger = more.
5. Partitioning lines within enclosed region.		Entity partitions are created, e.g., TreeMaps.
6. Attached shapes.		Attached entities. Part_of relations.

7. Shapes enclosed by contour.		Contained entities.
8. Spatially ordered shapes.		A sequence.
9. Linking line.		Relationship between entities.
10. Linking-line quality.		Type of relationship between entities.
11. Linking-line thickness.		Strength of relationship between entities.
12. Tab connector.		A fit between components.
13. Proximity.		Groups of components.

The visual grammar of diagram elements (node-link diagrams).

[Ware 2004]



2.5 Muster und Bewegung

Grammatik von Karten

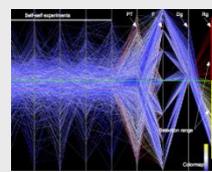
- Karten folgen anderen Gesetzen als Diagramme.
- Hier treten nur Flächen-, Linien- und Punktmerkmale auf.

Graphical Code	Visual Instantiation	Semantics
1. Closed contour.		Geographic region.
2. Colored region.		Geographic region.
3. Textured region.		Geographic region.
4. Line.		Linear map features such as rivers, roads, etc. Depends on scale.
5. Dot.		Point features such as town, building. Depends on scale.

6. Dot on line.		Point feature such as town on linear feature such as road.
7. Dot in closed contour.		Point feature such as town located within a geographic region.
8. Line crosses closed-contour region.		Linear feature such as river crossing geographic region.
9. Line exits closed-contour region.		A linear feature such as a river terminates in a geographic region.
10. Overlapping contour, colored regions, textured regions.		Overlapping geographically defined areas.

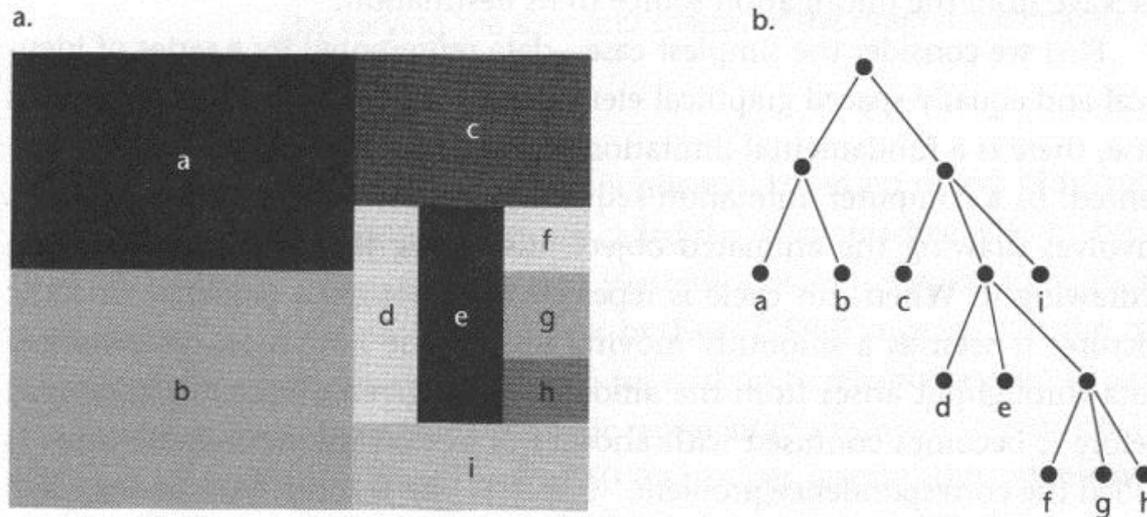
The visual grammar of map elements.

[Ware 2004]



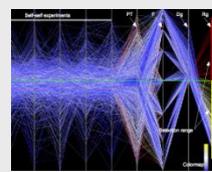
2.5 Muster und Bewegung

- Sehr interessant ist Darstellung von **Bäumen mit Hilfe einer Karte** (TreeMap) statt eines Diagramms.
- **Gewichte** einzelner Knoten können besser ausgedrückt werden.



(a) A TreeMap representation of hierarchical data. Areas represent the amount of data stored in parts of the tree data structure. (b) The same tree, represented using a node-link diagram.

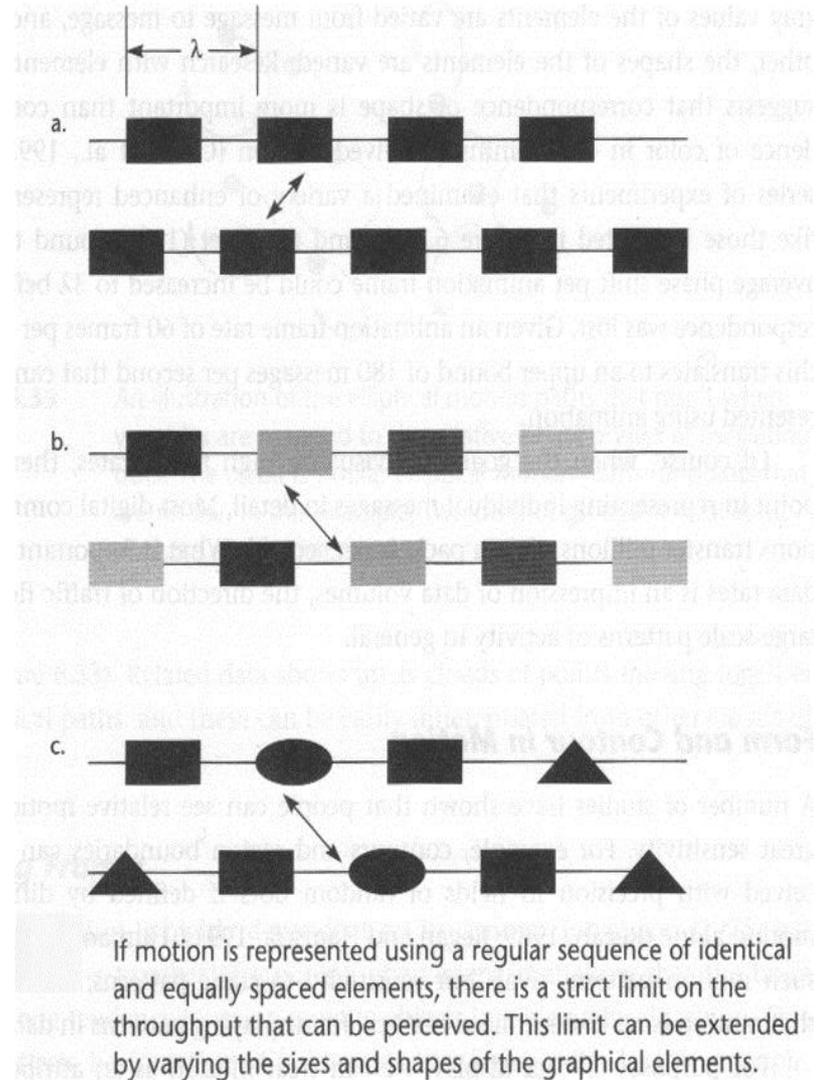
[Ware 2004]



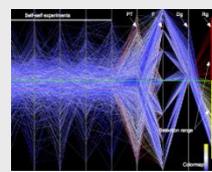
2.5 Muster und Bewegung

Bewegung

- Neben dem Erkennen von starren Objekten besitzt Mensch auch ausgeprägte Fähigkeiten zur **Bewegungswahrnehmung**.
- Dabei werden gleiche Objekte von Bild zu Bild vor allem nach dem **Prinzip des kleinsten Abstandes** identifiziert.
- **Relative Bewegungen** von Objekten können besonders gut wahrgenommen werden.

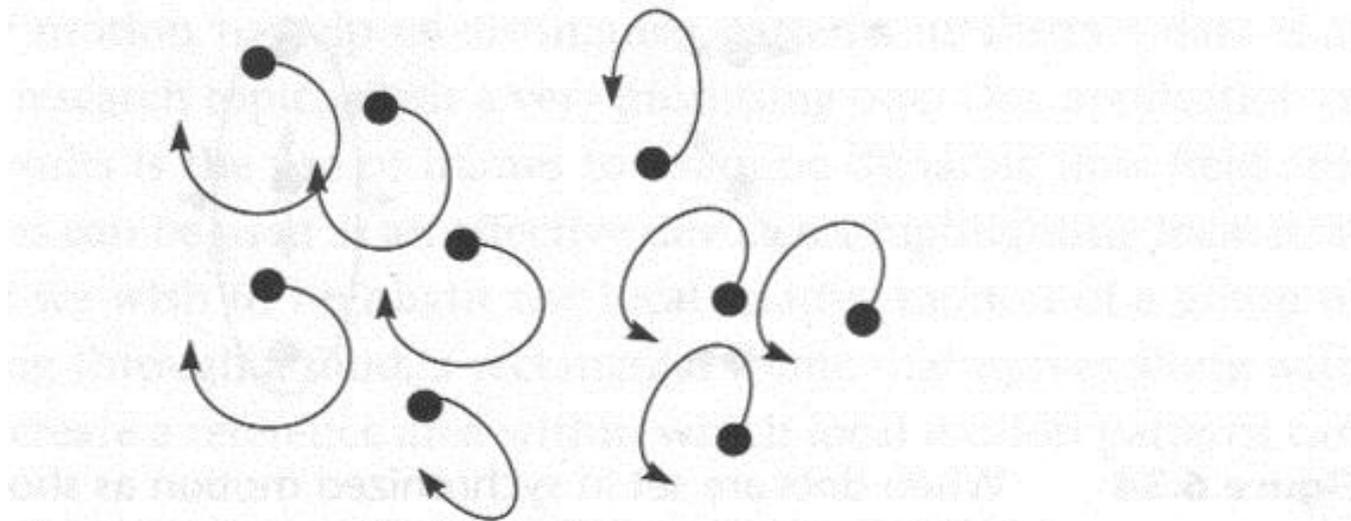


[Ware 2004]



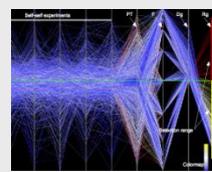
2.5 Muster und Bewegung

- **Phasen von Bewegungen** im Sinne der Fouriertransformation eignen sich sehr gut als zusätzliche graphische Variable.



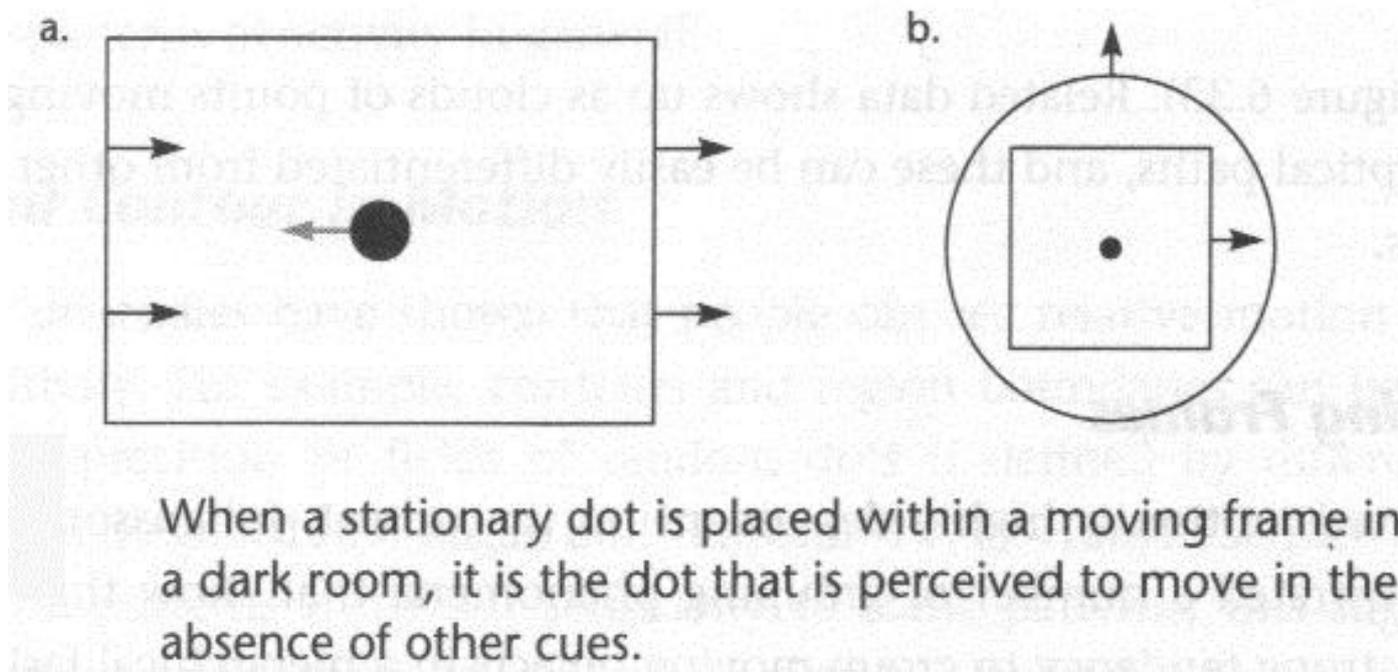
An illustration of the elliptical motion paths that result when variables are mapped to the relative phase angles of oscillating dots. The result is similar elliptical motion paths for points that are similar. In this example, two distinct groups of oscillating dots are clearly perceived.

[Ware 2004]

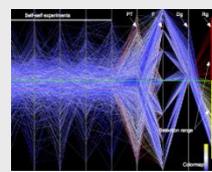


2.5 Muster und Bewegung

- Bei Ermittlung von Bewegung haben **Rahmen sehr großen Einfluss**, da sie als Referenz dienen.



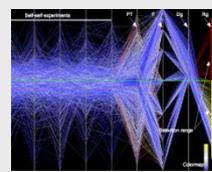
[Ware 2004]



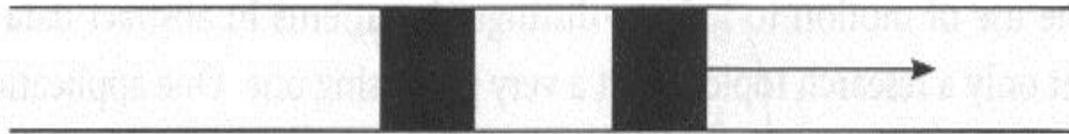
2.5 Muster und Bewegung

Kausalität

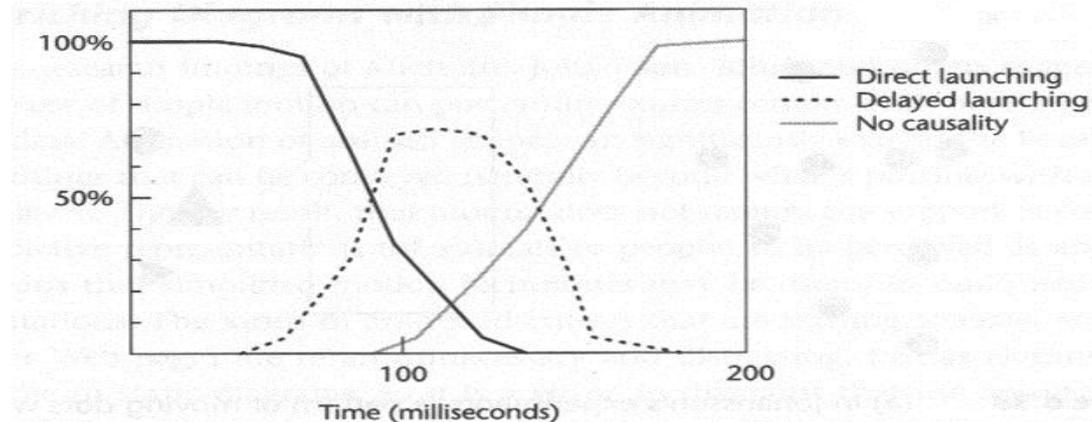
- Bei Bewegungen orientiert sich Gehirn an **Kausalitätsbeziehungen** .
- Wenn erstes Objekt auf zweites Objekt trifft und sich dieses nach weniger als 70ms in Bewegung setzt, wird ein **Anstoßen erkannt**.
- Bis zu 160ms Verzögerung werden als **verzögertes Anstoßen** interpretiert .
- Falls in einem solchen Fall zweites Objekt schneller als Erstes ist, so wird von einem **Antrieb des zweiten Objektes** ausgegangen, der durch das erste Objekt ausgelöst wurde.
- Effekt lässt sich auch zur Visualisierung nutzen.



2.5 Muster und Bewegung



Michotte studied the perception of causal relationships between two patches of light that moved always along the same line but with a variety of velocity patterns.

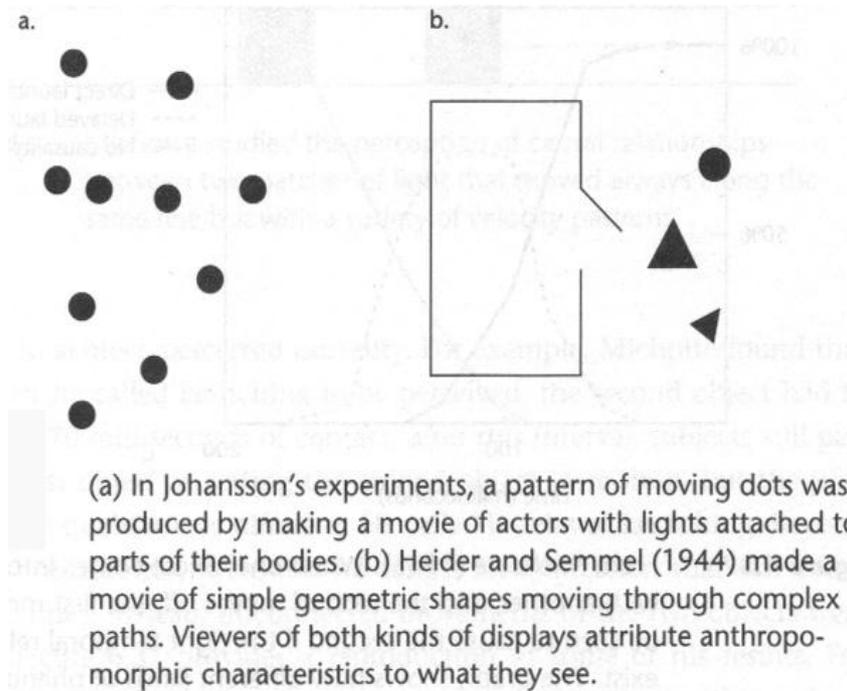


From Michotte (1963). When one object comes into contact with another, and the second moves off, the first motion may be seen to cause the second if the right temporal relationships exist. The graph shows how different kinds of phenomena are perceived depending on the delay between the arrival of one object and the departure of the other.

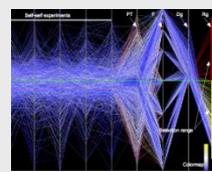
[Ware 2004]

2.5 Muster und Bewegung

- Interpretation von Bewegung einzelner Elemente als **Bewegung von Tieren oder Menschen**, sofern die Punkte Bezugspunkte am Körper sein könnten, die eine typische Bewegung ausführen.
- Dabei ist sogar das Erkennen von Stimmungen wie Freundlichkeit, Angst, Aggressivität bei abstrakten Modellen interkulturell möglich.



[Ware 2004]



Literatur

- C. Ware: Information Visualization, 2nd Edition, Morgan Kaufman Publishers, 2004.
- J. Bertin: Graphische Darstellungen, de Gruyter, 1982 (Vergriffen, aber bei books.google.com teilweise verfügbar).
- E. Goldstein: Sensation and Perception. Cengage Learning Service, 2006.
- G. Gescheider: Psychophysics - The Fundamentals, 3rd Edition, Lawrence Erlbaum Assoc., 1997.
- M. Livingstone: What Art Can Tell Us About the Brain, Keynote IEEE VisWeek, 2008, <http://vgtc.org/wpmu/vis08/2008/11/03/keynote-speaker-margaret-s-livingstone/>.
- D. Bartz, D. Cunningham, J. Fischer, C. Wallraven: The Role of Perception for Computer Graphics. In *Eurographics, State-of-the-Art-Reports*, pp. 65-86, 2008.
- M. Livingstone: Perceptual Issues for Visualization and Evaluation. In *IEEE Visualization Tutorials* (2007).
- E. Swan: Experimental Design and Analysis for Human-Subject Visualization Experiments. In *IEEE Visualization Tutorials* (2007).