

Psychologische Grundlagen der Visualisierung

Margit Pohl | SoSe 2017 | Zusammenfassung

Geschichte

Streit um Bilder in Religionen

- heidnische Antike: Bilddarstellungen sind selbstverständlich
- jüdisch / christlich / islam: Bildverbot, Bild = Götzendienst

Techniken

- Papyrus: (Kombination Text & Bild einfach, Zeichen schwierig)
- Manuskript: (Kombination Text & Bild relativ einfach)
- Buch: (Kombination Text & Bild schwierig)
- Elektronischer Text: (Kombination Text & Bild einfach)

Zentralperspektive

- Vor 15. Jahrhundert: Größe der Dinge wird nach ihrer Bedeutung gewählt, führt zu fehlender einheitlicher Perspektive
- Danach Zentralperspektive:
 - Künstlerischer Anspruch: Illusion des 3-D Raumes
 - Methoden: Fluchtpunkt auf Augenhöhe des_der Künstler_in wird gewählt und von da aus der Raum perspektivisch konstruiert

Wissenschaftliche Abbildungen

- *Beobachtung*: Bilder sind reine Beschreibung davon, was Wissenschaftler_innen gesehen haben
- *Induktion*: Bilder helfen, eine Theorie zu verstehen. Beantworten „Warum?“ und „Wie?“
- *Methodisch*: Abbildung beschreibt, wie ein Verfahren funktioniert
- *Selbstveranschaulichung*: Unterschiede in wiederholenden Abbildungen können beobachtet werden (Beispiel: Ringe eines Baumes)
- *Klassifizierung*: Abbildungen sind Ordnungssysteme die ein Phänomen in Klassen einteilen (Beispiel: Evolution des Homosapiens / Entwicklung des aufrechten Ganges)

- *Begriffsbildung*: Abbildung einer unanschaulichen Theorie (Beispiel: Magnetfeld)

Visuelle & verbale Darstellung

- *Position 1*: Bilder beruhen auf Konvention, sie zu deuten muss gelernt werden (genauso wie bei Sprache)
- *Position 2*: Bilder können spontan verstanden werden, Deutung ist angeboren
- *Kulturelle Abhängigkeit*: Je nach Kultur und Erfahrung werden Bilder (und Piktogramme) unterschiedlich verstanden
- *Logische Bilder*: Sind z.B. Balkendiagramme. Der Umgang und die Interpretation muss gelernt werden.

Visual Literacy

- Sinnerfassend Bilder verstehen und verwenden können
- *Digital Literacy*: (digitale) Informationen in unterschiedlichsten Formaten verstehen und verwenden können
- *Visual Thinking*: Untersucht: Denken in Bildern. Sagt aus: Wahrnehmung und Denken kann nicht getrennt werden.
- *Visual Learning*: Untersucht: Lernen durch visuelles Lehrmaterial
- *Visual Communication*: Kommunikation durch Bilder und Graphiken.(Beispiel: Ein Bild aus einem schrägen Winkel aufgenommen, bedeutet: Betrachtung aus einem distanzierten Blickwinkel. Anderes Beispiel: Wenn uns Menschen auf einem Foto direkt anschauen, wird sofort ein Kontakt hergestellt.)

Wahrnehmung

Allgemein

- Unterscheidung in bewusst und unbewusste Wahrnehmung
- Wahrnehmung ist ein aktiver Prozess (Augen bewegen sich sehr häufig)
- Orientierung: Wahrnehmung unterstützt Orientierung und Bewegung auf der Erde
- Stärken: Menschen können gut Änderungen wahrnehmen und Muster unterscheiden
- Schwächen: Einige Informationen können nicht wahrgenommen werden (Rundfunkwellen, radioaktive Strahlen, ...)

Unmittelbare Wahrnehmung

- Angeboren und deswegen kulturinvariant, gewisse Differenzierung kann aber auch erlernt werden. Phänomene können in der Regel auf die ganze Menschheit angewendet werden.
- Verstehen ohne zu lernen
- Verhalten kann nicht verlernt werden
- sinnliche Unmittelbarkeit (
- Studium durch Gehirnforschung
- Ändert sich nur langsam (Im Laufe der Evolution)

Konventionelle Darstellung (*Gegensatz zur unmittelbaren Wahrnehmung*)

- Schwer zu lernen (Beispiel: Schrift)
- Leicht zu vergessen (*Teilweise aber überlernt wie z.B. Schrift. Das kann dann kaum verlernt werden*)
- Von der jeweiligen Kultur abhängig (*Teilweise aber sehr weit verbreitet. z.B. Arab. Schriftzeichen*)
- Mächtige Form der Darstellung (Beispiel: Mathematische Formeln)
- Kann sich schnell ändern (Im Laufe der Geschichte)
- Studium durch Psychologie, Soziologie, HCI

Das Auge

- *Sehschärfe*: Nur im Zentrum (*fovea centralis*) scharf
- *Gesichtsfeld*: Wegen der Form des Gesichtes unregelmäßig
- Mit zwei Augen funktioniert in der Nähe *Tiefensehen*
- Aufbau:
 - *Netzhaut*: innerste Augenhaut, auf der Stäbchen und Zapfen liegen

- *Pupille*: Kontrolliert die Menge des Lichts, das eintreten kann
- *Linse*: Kontrolliert die Brechung des Lichts
- *Stäbchen*: ca. 75 - 125 Mio. => Schwarzweißempfindung
- *Zapfen*: ca. 3-6 Mio. => Farbsehen
- *Literale Inhibition*: Mechanismus in der Netzhaut, der Änderungen der Lichtintensität benachbarter Nervenzellen. Führt zu einer Überbetonung von Konturen (Hilft uns, Objekte / Unterschiede leichter zu identifizieren)

Farbwahrnehmung

- (Weißes) Sonnenlicht setzt sich aus allen Spektralfarben zusammen
- Spektralfarben sind nicht weiter zerteilter und haben eine bestimmte Wellenlänge
- Spannend: Farben der Mitte des Spektrums (Grün, Gelb, Orange) empfinden wir als heller bei gleicher Intensität
- *Farbton*: Funktion der (Lichte-) Wellenlänge
- *Helligkeit*: Lichtintensität
- *Sättigung*: Anzahl der verschiedenen Wellenlängen. Je gemischerter, desto ungesättigter und blasser erscheint die Farbe
- *Dreikomponententheorie*: Jede Farbe kann aus drei Farbtönen unterschiedlicher Wellenlänge gemischt werden (additive Farbmischung).
- *Gegenfarbtheorie* (Widersprechen sich nicht): Erklärt Phänomene wie z.B. dass nach intensivem Betrachten einer Farbe (z.B. Rot), die Gegenfarbe (z.B. Grün) gesehen wird.
 - Farbpare: *Rot-Grün* *Blau-Gelb* *Schwarz-Weiß*
 - Ermöglichen eine präzisere Wahrnehmung, da nicht nur an Zapfen gebunden
- *Farbkonstanz*: Auch wenn ein Licht nicht ganz weiß ist (z.B. Glühbirne) werden die dadurch bestrahlten Farben weitgehend gleich wie bei weißem Sonnenlicht wahrgenommen

Objektwahrnehmung

- Erfolgt auf einer höheren Ebene als Muster- und Farbwahrnehmung
- Objekte werden erkannt an: Form, Größe, Farbe, Muster, Position
- Erwartung und Vorwissen spielen eine große Rolle
- *Feature-Integrity-Theory*: In einem ersten Schritt werden Features (z.B. Kurven, Ende einer Linie, Orientierung einer Linie, ...) wahrgenommen. Danach werden die Features kombiniert und dann mit Informationen im Gedächtnis verglichen um ein Objekt zu erkennen

- *Recognition-by-Components Approach*: Es werden nicht Feature, sondern einfache volumetrische Primitive (z.B. Zylinder, Kugel. ...) wahrgenommen. Alle Objekte werden in solche einfachen Primitive zerlegt und anhand derer erkannt.
- **Kritik**: Es lässt sich durch die primitive vielleicht unterschiedliche Objekte (z.B. ein Vogel von einem Haus) unterscheiden, aber nicht zwei ähnliche Objekte (z.B. zwei Vögel unterschiedlicher Art)

Gestaltpsychologie

- Kritisiert die Annahme, dass Wahrnehmung sich additiv aus einzelnen Elementen zusammensetzt. Stattdessen: Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile
- Gestaltgesetze:
 - *Figur ist Dingartiger als der (Hinter-) Grund* (Figur wird eher als Ding gesehen als der Grund)
 - *Glatter Verlauf* (Punkte, durch eine Wohlgeformte Linie verbunden, gehören zusammen)
 - *Gesetz der Ähnlichkeit* (Gleichartige Elemente werden als Einheit gesehen)
 - *Gesetz der Prägnanz* (Jede Reizkonfiguration wird so gesehen, dass sie eine möglichst einfache Struktur ergibt)

Informationsverarbeitungsansatz

- Menschliche und maschinelle Informationsverarbeitung werden als ident angesehen
- *Modell von Broadbent (veraltet)*: Information wird sequentiell verarbeitet: Information » Sinnesorgan » Kurzzeitgedächtnis » Langzeitgedächtnis
- *Modell von Selfridge*: Häufig verwendete Muster (z.B. Schriftzeichen) setzen sich aus wenigen einfachen Elementen zusammen (Strich, Kreis, ...) und können auch nach einfachen Transformationen und Mutationen noch schnell erkannt werden. Die Mustererkennung kann im Gehirn parallel abgearbeitet werden
- *Dämonenmodell von Lindsay*: Durch Grammatikalische Strukturen erwarten wir beim Lesen eines Textes an einer bestimmten Stelle ein Wort aus einer speziellen Kategorie (z.B. Hauptwort). Da alle anderen Wörter bereits ausgeschlossen wurden, können wir dieses Wort sehr schnell und auch nur anhand von Teilen erkennen.
- *Datengesteuerte Verarbeitung*: Reiz » Sensorisches Gedächtnis » Kurzzeit » Langzeit
- *VS. Konzeptuell gesteuerte Verarbeitung*: Erwartung aufgrund d. Kontexts » Reiz » ...
- *Wahrnehmungszyklus von Neisser*: Erwartung der Wahrnehmung leitet Erkundung von Info.

Ökologischer Ansatz von Gibson

- *Kritik an klassischer Wahrnehmungspsychologie*: Wird nur in unnatürlicher Laborumgebungen getestet, ABER: Menschliche Wahrnehmung hat sich mit dem aufrechten Gang

entwickelt. Fester Untergrund und Bewegung spielen eine wesentliche Rolle, die bei der klassischen Wahrnehmungspsychologie vergessen wird

- *Unmittelbarkeit*: Gibson geht davon aus, dass Wahrnehmung sich aus der optischen Anordnung unmittelbar ergibt (Im Gegensatz zu Info-Verarbeitungsgesetz und Konstruktivismus)
- *Ambient optical array (Optisches Flussfeld)*:
 - Array = Umgebung (die nicht leer, sondern gefüllt mit Objekten).
 - Beobachter_innen nehmen immer einen konkreten Beobachtungspunkt im Raum ein, der sich aber ständig durch Bewegung verändert
 - Wesentlicher Aspekt: Es werden andauernd Objekte auch andere Objekte verdeckt
- *Textur*: Natürliche Substanzen haben meistens eine regelmäßige Textur. Entfernungen können dadurch z.B. anhand der Dichte der Textur wahrgenommen werden
- *Affordance*: Aus der Form eines Objektes lässt sich unmittelbar seine Funktion ermitteln (Beispiel: Hammer). Die Bedeutung des Objektes kann dadurch unmittelbar wahrgenommen werden.
- *Invarianz*: Manche wahrnehmbare Eigenschaften bleiben auch nach Transformationen Konstanz (z.B.: Helligkeit, Farbe, Größe [auch große entfernte Objekte werden als Groß wahrgenommen, auch wenn sie durch die Entfernung eigentlich kleiner sind], Beschaffenheit, Zeit, Form)
 - **WICHTIG**: Laut Gibson wird Invarianz unmittelbar wahrgenommen und erfolgt nicht durch Gedächtnisleistung

Konstruiert vs. direkte Wahrnehmung

- *Bottom-Up*: Wahrnehmung erfolgt direkt. Beispiel: Gibson
 - *Annahmen*:
 - Optisches Flussfeld trifft auf Auge und beinhaltet unzweideutige (invariante) Informationen über die Umgebung
 - Es gibt quasi keine Informationsverarbeitung, da die Information direkt wahrgenommen wird
 - Bedeutung besteht unmittelbar durch Affordance
 - *Diskussion*:
 - Keine schlüssigen empirischen Befunde
 - Kann Wahrnehmungstäuschungen nicht erklären
 - Affordance ist oft nicht ausreichend, um Bedeutung von Objekten zu erklären (Beispiel: Sofa als Raumschiff in Kinderspielen)
- *Top-Down*. Konstruktivistische Wahrnehmung. Beispiel: Inf.Verarb.Ans., Neisser, Brunner

- *Annahmen:*
 - Wahrnehmung ist ein aktivier konstruktivistischer Prozess
 - Wahrnehmung ist das Endprodukt einer Wechselwirkung zwischen Reiz, Erwartung und Wissen)
 - Wahrnehmung passiert auf Hypothesen und Schlussfolgerungen und kann daher auch falsch sein
 - Kontext-Information ist daher von großer Bedeutung
- *Diskussion:*
 - Wahrnehmung ist in der Regel korrekt. Das widerspricht aber ein bisschen dem konstruktivistischen Ansatz, dass sie auf Hypothesen erfolgt. Demnach müsste sie öfters mal falsch sein
 - Haben einen hohen Erklärungswert bei Wahrnehmungstäuschungen
 - Sind dann sinnvoll, wenn Stimuli nur kurz oder schlecht wahrgenommen wird
- *Diskussion: Direkte vs. konstruierte Wahrnehmung*
 - Es ist schwer zu entscheiden, ob Wahrnehmung direkt oder konstruiert erfolgt
 - Vielleicht ist es kontextabhängig (Wenn viel Zeit zum betrachten eines Objektes da ist, dann eher direkt, wenn es schnell gehen muss, oder wenn es z.b. sehr dunkel ist und nicht sehr gut wahrgenommen werden kann, dann eher konstruiert)
 - Neisser versucht eine Synthese: Wahrnehmungszyklus erfolgt einerseits sowohl bottom-up. Neue Erkundungsprozesse werden aber durch existierender Schemata angestoßen (top-down) und die Schemata anhand der gewonnenen Information verändert.

Gedächtnis von Bildern

- Menschen können Bilder sehr gut wiedererkennen
- Mögliche Gründe:
 - Bilder unterscheiden sich in vielen Merkmalen, so reicht oft schon ein Bruchteil des Bilde aus um es wiederzuerkennen
 - Vielleicht verwenden Menschen zusätzlich zum Bild verbale Beschreibungen
- *Dual Coding Theorie (Paivio):*
 - Es gibt zwei Speicher im Gehirn („verbales Material“ und „Images“ [auch haptische, auditive Erinnerungen])
 - Da Bilder in beiden Speichern (Einmal das Bild, einmal als verbale Beschreibung) gespeichert werden, können sie sehr gut wiedererkannt werden
- *Imagery debate:*
 - Pylshyn sagt: Bilder werden in einer Art sprachliches Wissen umgewandelt und abgespeichert. Argument dafür: Wir haben keine exakten Photographien im Kopf. Zum

Beispiel kann es passieren, dass wir bei der Erinnerung an ein Zimmer ein ganzes Sofa vergessen, aber nicht ein halbes. Daher meint Pylshyn, dass wir die Beziehung der Dinge zueinander in einer Art Sprache abspeichern, bei der dann einzelne Objekte vergessen werden können. Bei einem echten Bild könnte aber auch ein halbes Sofa vergessen werden.

- Kosslyn sagt: Es gibt Vorstellungsbilder im Gehirn. Argument dafür: Vorstellungsbilder sind ja keine echten Photos, sondern eine Reduktion der komplexen Information auf ein quasi-Bild. Darüber hinaus ist eine sprachliche Beschreibung der Objekte nicht ganz möglich, da manche Dinge, von denen wir ein Bild im Kopf haben, keine explizite Bezeichnung haben
- *Mental Rotation*: Je weiter eine Figur (in 3D) verdreht wird, desto länger brauchen wir um zu beurteilen, ob sie die gleiche Figur ist

Präattentive und attentive Prozesse

- *präattentive Prozesse*: Laufen automatisch ab, unbewusst kurzfristig
 - Arbeiten parallel
 - Beispiel: Mustererkennung, Objektidentifikation
 - Erfassen globale Bedeutung, keine Details
 - Nicht nur bottom-up, sondern schon auch höhere Zentren der Verarbeitung
- *attentiv Prozesse*: kontrollierte Suche, explizite Verarbeitung, hoher Denkaufwand
 - Arbeiten Sequentiell
 - Es wird gezielt und bewusst versucht, einzelne Informationen aus einem Bildausschnitt zu bekommen
 - Vergleichen, Schlüsse ziehen, interpretieren
 - Kann durch Übung verbessert werden

Zusammenarbeit der Sinne

- Wahrnehmung erfolgt fast immer durch eine Kombination aus mehreren Sinnen
- Problem bei Informationsvisualisierung: Reduktion nur auf Sehen
- Daher neuer Trend: Multimodale Interfaces (Mehrere Sinne, ist aber recht schwierig umzusetzen, da es noch nicht klar ist, wie die Sinne genau zusammenarbeiten)
- Theoretische Grundpositionen nach Marks:
 - *Äquivalente Informationen (zweifelhaft)*: Unterschiedliche Sinne informieren über die selben Merkmale der Außenwelt
 - *Analoge Qualitäten*: Unterschiedliche Sinne liefern gemeinsame, Sinnesunspezifische Informationen (z.B.: Intensität)

- *Korrespondierende psychologische Eigenschaften:* Eigenschaften der Wahrnehmungssysteme unterschiedlicher Sinnesorgane sind vergleichbar
- *Korrespondierende Informationen:* Verschiedene Sinnesorgane nehmen Informationen parallel auf, die nicht analog aber korrespondierend ist
- *Wechselseitige Beeinflussung verschiedener Wahrnehmungssysteme:* Beispiel: Führungswechsel des primären Sinnesorganes, wenn Menschen schlafen (dann hören) oder wenn sie zum Beispiel lesen (dann sehen) und nicht mitbekommen, wenn jemand etwas sagt
- Primat des Sehens:
 - Es wird häufig davon ausgegangen, dass Sehen der primäre Sinn ist. Ist aber zu stark vereinfacht
 - Sehen und hören kann nicht verglichen werden, weil andere Informationen erhalten werden (und weil Hören ein zeitabhängiger Prozess ist)
 - Im Alltag leitet aber auch oft das Hören das Sehen, z.B. um die Aufmerksamkeit auf irgendetwas zu richten was gerade nicht im Blickfeld ist
 - *Ganzheitlichkeit der Wahrnehmung:* Unterschiedliche Wahrnehmungssysteme unterstützen sich gegenseitig, die unterschiedlich gewonnen Informationen werden integriert

Informationsvisualisierung

Integration von Bild und Text

- Frage: Wie soll Bild und Text gemeinsam verwendet werden?
- *Redundant*: Inhalt von Text und Bild ist ident
- *Komplementär*: Bild und Text haben unterschiedlichen Teil-Inhalt, nur zusammen sind sie verständlich. (Beispiel: Physikalische Abbildung, die durch Text beschrieben wird)
- *Ergänzung*: Ein Modus spielt die wichtigere Rolle, ein anderer ergänzt nur. (Beispiel: Gebrauchsanweisung. Einzelne Punkte werden durch Grafiken noch einmal genauer beschrieben)
- *Juxtaposition*: Text und Bild Widersprechen sich um Aufmerksamkeit zu erlangen. (Beispiel: Werbung)
- *Stage-Setting*: Bild wird zur emotionalen Einstimmung auf ein Thema verwendet. (Beispiel: Cover eines Buches)

Nutzen von Visualisierungen

- *Größere Ressourcen*: Vergrößerung des Kurzzeitgedächtnis
- *Schnellere Suchprozess*
- *Verbesserte Mustererkennung*
- *Wahrnehmungsmäßige Inferenz*: Gleichzeitigkeit von Phänomen beim Vergleich von zwei Zeitachsen
- *Wahrnehmungsmäßiges Monitoring*: Große Datenmengen können leichter überblickt werden
- *Interaktivität*: Selektion von Daten & Anzeigemethoden, Detail-Level. Nachteil: User kann auch schlechte Methoden auswählen, dann funktioniert die Visualisierung schlecht
- Beispiel Gravi++: Versucht die unterschiedlichen Krankheitsverläufe von anorektischen Patientinnen darzustellen und Gemeinsamkeiten und Muster zu erkennen

Change/Inattentional Blindness

- *Change Blindness*: Menschen konzentrieren sich auf bestimmte Aspekte der Umwelt und bekommen andere Dinge kaum mit. (Beispiel: Gorilla Video, Zaubertrick, ...). Stattdessen können wir ja einfach den Kopf und die Augen bewegen und immer einen anderen Ausschnitt fokussieren
- *Inattentional Blindness*: Der Bereich des scharfen Sehens ist sehr klein (Fovea Centralis). Alle anderen Bereiche sehen eher verschwommen

Gestaltungsrichtlinien nach Rensink

- Items am Bildschirm sollen überschaubar und leicht zu identifizieren sein
- Visuelle Ereignisse sollen minimiert werden (Vor allem Bewegung im Hintergrund)
- Da Aufmerksamkeit beschränkt: Es soll immer das richtige Objekt zur richtigen Zeit hervorgehoben werden

Evaluationsmethoden (*Anmerkung: Stark verkürzt*)

- *Quantitativ*: Zum Beispiel: Experiment, Fragebogen, Logfile-Analyse, Eye-Tracking, Thinking Aloud
- *Qualitativ*: Zum Beispiel: Interviews, Fokusgruppen, Beobachtung
- *Problem mit Klassischen Evaluationsvariablen*: Da der Umgang mit InfoVis Tools explorativ ist, machen Variablen wie „Zeit“ und „Error“ keinen Sinn. Beim explorieren sind Fehler ja erwünscht und die User sollen sich auch nicht unbedingt so kurz wie möglich mit dem Tool beschäftigen. (*Vergleich: Allgemeine Kritik Usability Testing*)

Definition: Informationsvisualisierung

- *Wissenschaftliche Visualisierung*: Beruhen auf physischen Daten. Ziel: Darstellung realer , räumlicher Phänomene
- *Informationsvisualisierung*: Beruhen auf abstrakten Daten (z.B. Aktienkursen). Können zwar räumlich dargestellt (Beispiel: Balkendiagramm) werden, es gibt aber keine Analogie zu Phänomenen aus der physischen Welt.
- *Historisches Beispiel für InfoVis*: Cholera-Ausbruch um 1845 auf einer Karte von London eingetragen, um Ursachen zu identifizieren

Visual Analytics

- *Problemstellung*: Immer mehr Daten (Big Data)
- *Lösung*: Organisation und Visualisierung der Daten
- *Vorgehen*: Explorativ. offener Lösungsraum, Maschine ersetzt nicht Mensch sondern ist nur ein Tool

Umordnung, Gruppierung & Verbesserung von Daten

- *Ziel*: Viel bessere Einsicht in die Daten, bessere Überblick, neue Erkenntnisse
- Arten:
 - *Gruppierung*
 - *Fehlende Daten*: Behebung durch Interpolation

- *Fehlerhafte Daten*: Behebung durch Data Cleansing (händisch oder automatisch), sehr aufwendig (*Vergleich: Machine Learning?*)
- *Mapping*: Rohdaten werden zu Tabellen transformiert und dann passend dargestellt.
 - Wichtig:
 - Darstellung muss passend gewählt (Beispiel: Achsenwahl in einem Diagramm) werden, sonst schlechte Visualisierungsqualität
 - Visualisierung muss von Menschen gut verstanden werden (Beispiel: Sinus-Kurve wird am besten durch eine Kurve dargestellt)
 - Natürliches Mapping (Beispiel: Muster als linear geordnete Kategorien sollen zum Beispiel auch in ihrer Intensität linear geordnet sein)

Interaktionsmethoden

- *Scrolling*
- *Filtering*
- *Data Reordering*
- *Overview & Detail*
- *Focus & Context*: (Beispiel: Hyperbolic Trees)
- *Dynamic Queries*: (Beispiel: Inkrementelle Suche)
- *Multiple Views*: (Beispiel: Gleich Daten als Liste, und Baum)

Arten der Informationsvisualisierung

- *Geometrische Techniken*: Mapping: Attribute » geometrischer Raum (Beispiel: Scatterplots)
- *Icon Technik*: Mapping: Attribute » Features Bildlicher Darstellung (Beispiel: Starglyph, Chernoff Faces)
- *Pixel-Orientierte Technik*: Mapping: Große Datenmengen auf Attribute (z.b.: Farbe) von Pixel
- *Netzwerke/Graphen*
- *Hierarchische Daten*: Beispiel: TreeMap
- *Dynamische Darstellung (Animation)*: Sehr kontrovers, ob gut oder nicht gut. Kann für zeitabhängige Daten hilfreich sein, vor allem wenn der User die Animationsgeschwindigkeit steuern kann. Nachteil: Change Blindness
- *3D Darstellung*: Idee: 3D Besser als 2D, weil es ja eine 3D-Welt ist. Problem: Wir nehmen 3D-Welt wahr indem wir herumgehen und herumschauen. Das ist bei einer Informationsvisualisierung nicht so einfach möglich was dann dazu führt, das Informationen von anderen verdeckt werden. (*Vergleich: VR?*)