

Informationsvisualisierung
M. Pohl Folien copy&paste by tschul

1. Geschichte, Begriffsdefinition


Techniken der Bilddarstellung

- Künstlerische Bilder
- Bilder im Rahmen von Büchern
 - Papyrus: leichte Integration von Text und Bild; Zeichnen schwierig
 - Manuskript: Integration von Bild und Text relativ einfach
 - Buch: Integration von Bild und Text schwierig, da verschiedene Drucktechniken (Buchdruck, Holzschnitt, Kupferstich)
 - elektronischer Text, Hypertext: Integration von Bild und Text einfach (alles Pixel)

Die **wissenschaftliche Illustration** In der Wissenschaft können Illustrationen Phänomene darstellen, die nur schwer mit Worten beschrieben werden können. Bilder haben also eine durchaus eigenständige Funktion. Man kann zwischen folgenden Funktionen von wissenschaftlichen Illustrationen unterscheiden:

1. Beobachtung
Die einfachste und älteste Form der wissenschaftlichen Abbildung ist die Zeichnung. WissenschaftlerInnen berichten darüber, was sie gesehen haben. Die Bilder sind reine Beschreibungen.
2. Induktion
Bilder, die die Induktion unterstützen sollen, beantworten Fragen wie „Warum?“ und „Wie?“ Sie sollen in visueller Form Erklärungen für bestimmte Phänomene darstellen und erläutern.
3. Methodik
Eine wesentliche Eigenschaft wissenschaftlicher Forschung ist die systematische Herangehensweise. In diesem Zusammenhang spielen wissenschaftliche Methoden eine wichtige Rolle. Methodische Abbildungen zeigen, wie solche Verfahren funktionieren können.
4. Selbstveranschaulichung
Wenn WissenschaftlerInnen einen sich wiederholenden Vorgang beobachten, möchten sie dessen Ursache ergründen. Die abwechselnd hellen und dunklen Ringe im Holz von Bäumen sind Zeichen seines jährlichen Wachstums. Sie geben auch über Klimaveränderungen Auskunft. Hier liefert die Natur selbst ein wichtiges Bild, das sich entschlüsseln lässt. Auch WissenschaftlerInnen haben Wege gefunden, wie Erscheinungen sich selbst darstellen können.
5. Klassifikation Die Klassifikation ist ein Versuch, in der Natur so etwas wie Ordnung zu erkennen. Wissen muss verschlüsselt und gespeichert werden, damit nachfolgende Beobachtungen verglichen, und Unterschiede, auch wenn sie subtil sind, untersucht und erklärt werden können. Ordnungssysteme sind die Grundlage zur weiteren Untersuchung und Beurteilung von Forschungsergebnissen.
6. Begriffsbildung
Begriffe ermöglichen es uns, über unsere Beobachtungen und Erfahrungen in der objektiven Welt nachzudenken. „Eine geometrisch-physikalische Theorie“ an sich ist als solche zunächst notwendig unanschaulich, ein bloßes System von Begriffen. Aber diese Begriffe dienen dazu, eine Vielheit von wirklichen oder gedachten sinnlichen Erlebnissen in einen gedanklichen Zusammenhang zu bringen.“ (Einstein)

Unterschiede zwischen verbaler und bildlicher Darstellung

Sprache	Bild
"Der Kaffee ist in der Tasse"	
1. Diskrete Symbole	1. Keine diskreten Symbole
2. Explizit; benötigt Symbole, um Beziehungen auszudrücken	2. Implizit; es gibt keine eigenen Symbole, um Beziehungen auszudrücken
3. Grammatikalisch; es gibt eindeutige Regeln für die Kombination verschiedener Arten von Symbolen	3. Keine eindeutigen Regeln der Kombination von verschiedenen Symboltypen
4. Abstrakt	4. Konkret

Visuelle und verbale Darstellung

In den vergangenen Jahrzehnten diskutierten WissenschaftlerInnen, ob Bilder und sprachliche Darstellungen die Wirklichkeit in ähnlicher Weise wiedergeben. Es gibt zwei unterschiedliche Positionen:

1. Bilder beruhen (wie Sprache) auf Konventionen. Das Verstehen von Bildern muss gelernt werden. Es gibt Konventionen, wie Bilder gedeutet werden sollten. Bilder haben auch eine eigene „Grammatik“, die künstlich festgelegt ist.
2. Bilder können spontan verstanden werden. Insbesondere realistische (perspektivische) Malerei und die Photographie entsprechen der Wirklichkeit und geben sie wider „wie sie ist“. Die Fähigkeit zum Verstehen von Bildern ist weit gehend angeboren.

Formen Visuelle und verbale Darstellung

1. darstellende Bilder zeigen Ähnlichkeit mit den Dingen oder Begriffen, für die sie stehen; Zeichnungen oder Photographien, die zeigen, wie Dinge aussehen
2. logische Bilder z.B. Linien- oder Balkendiagramme, Flussdiagramme sie ähneln nicht dem dargestellten Sachverhalt und können (wie Tabellen oder Texte) Nicht- Wahrnehmbares repräsentieren

Visual Literacy

Literacy: mehrere Definitionen

Fähigkeit zu Lesen und zu Schreiben (eng)

Verständnis des Gelesenen, Bildung (weit)

Visual Literacy: ability to understand (read) and use (write) images and to use (write) images and to think and learn in terms of images

(Moore & Dwyer 1994)

Die Forschung zu Visual Literacy beruht auf mehreren Disziplinen:

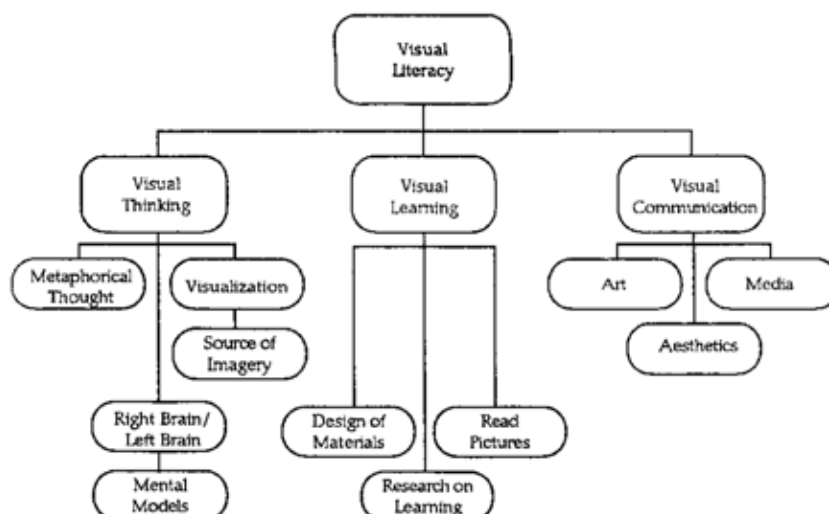
Kunst, Psychologie, Linguistik, Philosophie,...

Daher gibt es auch unterschiedliche Definitionen, was Visual Literacy ist (beruht aber eher auf der Vorstellung, dass Umgang mit Bildmaterial gelernt ist)

Digital Literacy: ability to understand and use information in multiple formats from a wide range of sources when it is presented via computers (Gilster 1997)

Geschichte - Beginn der Forschung zu Visual Literacy:

Jack DEBES (Kodak Corporation) Debes führte mehrere Projekte durch, bei denen die Fähigkeiten von Kindern zur Visualisierung verbessert werden sollten. Durch diese Projekte bekamen die Kinder auch ein gesteigertes Selbstwertgefühl und veränderten ihre Einstellung zur Gesellschaft. Am Beginn der Visual Literacy Bewegung wurde nach Ähnlichkeiten zwischen Bildern und Filmen sowie Sprache gesucht (Grammatik des Films). Es gibt aber wesentliche Unterschiede: Die verbale Sprache ist sequentiell, die visuelle Sprache ist simultan. Die starke Anlehnung an die verbale Sprache wurde in der Folge aufgegeben.



Arten graphischer Darstellung

- Tabellen
- Tortendiagramme
- Balkendiagramme
- Liniendiagramme
- Flussdiagramme
- Baumdiagramme

2. Wahrnehmung

Unmittelbare Wahrnehmung vs. Konventionelle Darstellung

Unmittelbare sinnliche Wahrnehmung ist normalerweise sehr effektiv und stabil. Diese Art von Wahrnehmung ist zu großen Teilen angeboren, daher ist sie in der Regel auch kulturinvariant. Es gibt allerdings auch erworbene Differenzierungen des Gehirns. Neugeborene Katzen, die in einer ausschließlich gestreiften Umgebung aufgezogen werden, entwickeln im Gehirn eine größere Anzahl an Detektoren für Balken.

Unmittelbare Wahrnehmung und konventionelle Darstellungen sollten auf unterschiedliche Weise untersucht und eingesetzt werden. Phänomene der unmittelbaren Wahrnehmung (wie etwa die Wahrnehmung von Farben und Mustern) können auf die ganze Menschheit verallgemeinert werden. Allerdings beruhen die meisten Wahrnehmungsleistungen auf einer Kombination von angeborenen und erworbenen Mechanismen.

Eigenschaften der unmittelbaren sinnlichen Wahrnehmung

- Verstehen ohne zu lernen
- Verhalten kann nicht verlernt werden
Wahrnehmungstäuschungen werden selbst dann noch wahrgenommen, wenn man weiß, dass sie Täuschungen sind. siehe Folie Wahrnehmungstäuschungen
- sinnliche Unmittelbarkeit
Gewisse Phänomene werden sehr rasch wahrgenommen, weil sie nicht erlernt sondern im Gehirn „fest verdrahtet“ sind. siehe Folie Beispiel: sinnliche Unmittelbarkeit
- Studium durch Gehirnforschung

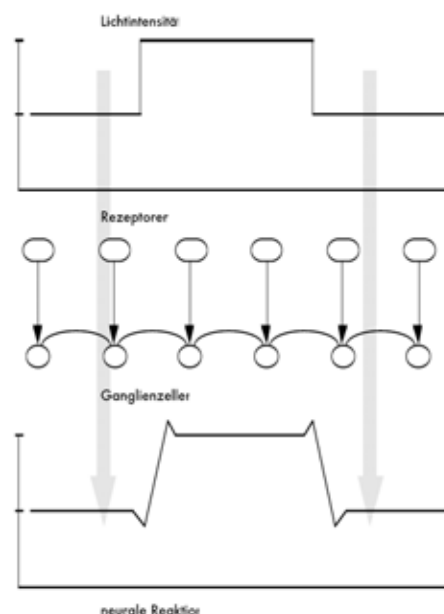
Eigenschaften von konventionellen Darstellungen

- schwer zu erlernen z.B. Schrift
- leicht zu vergessen Allerdings gibt es visuelle Darstellungen, die überlernt sind (z.B. die Zahlzeichen), die fast nicht vergessen werden können,
- eingebettet in den kulturellen Kontext
Es gibt allerdings künstliche Symbole, die sehr weit verbreitet sind (arabische Zahlzeichen). Eingeführte künstliche/ konventionelle Darstellungen können manchmal nur schwer durch neuere ersetzt werden.
- mächtige Form der Repräsentation
z.B. mathematische Darstellungsformen mathematische Darstellungsformen sind ein Beispiel dafür, dass nicht alle visuellen Repräsentationen leicht erlernt werden können.
- rasche Änderbarkeit Unmittelbare Wahrnehmung ändert sich während der
- Evolution, während konventionelle Darstellungen sich im Verlauf der geschichtlichen Entwicklung ändert
- Untersuchung konventioneller Darstellungsformen z.B. durch Psychologie, Soziologie, HCI

Laterale Inhibition

Bei der lateralen Inhibition handelt es sich um einen Mechanismus in der Netzhaut, der gewährleisten soll, dass in Bereichen der Änderung der Lichtintensität Kontraste verstärkt wahrgenommen werden und bei gleichbleibender Lichtintensität die Aktivität der Nervenzelle gering bleibt. Die laterale Inhibition bewirkt, dass die Welt als bestehend aus stark konturierteren Objekten gesehen wird, und zwar in wesentlich höherem Ausmaß als das „in Wirklichkeit der Fall sein sollte.“

Bei der lateralen Inhibition sind die Nervenzellen nicht nur nach oben hin verschaltet, sondern auch mit ihren seitlichen Nachbarn verbunden. Die Annahme ist, dass neben einander liegende Nervenzellen einander hemmen. Dadurch entstehen in Bereichen starker Änderung der Lichtintensität Kontrastphänomene. Neuronen, auf die Licht geringer Intensität fällt, und die daher nur eine geringe neurale Reaktion zeigen, hemmen ihre Nachbarn wenig. Neuronen, auf die Licht hoher Intensität fällt, und die daher eine hohe neurale Reaktion zeigen, hemmen ihre Nachbarn stark.



Wahrnehmungstheorien

- Gestaltpsychologie
Grundannahme: Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile (Bsp. Töne – Musik). Das menschliche Wahrnehmungssystem verarbeitet Umweltreize z.T. unter Hinzufügung einer eigenen Organisation. Die Gestaltpsychologie entwickelte diese Auffassung weiter und meint, dass die Reize, die auf den Menschen einwirken, immer als Ganzes gesehen werden müssen. Sie haben in diesem Zusammenhang wichtige Grundbegriffe eingeführt, z.B. die Unterscheidung von Figur und Grund. Die Gestaltpsychologie hat mehrere Gestaltgesetze formuliert. Allerdings kann sie nicht erklären, wie und warum die in den Gestaltgesetzen formulierten Wahrnehmungen entstehen.
- Informationsverarbeitungsansatz
Der Informationsverarbeitungsansatz beruht in einem hohen Ausmaß auf der Analogie zum Computer. Menschliche und maschinelle Informationsverarbeitung werden im Wesentlichen als ident angesehen. Ein Problem dieses Ansatzes besteht darin, dass sich die Computertechnik in den letzten Jahrzehnten rasant entwickelt hat und dass sich daher der Informationsverarbeitungsansatz stark verändert hat.
Ein ursprünglicher Ansatz ging davon aus, dass Information sequentiell verarbeitet wird. Information trifft auf die Sinnesorgane, kommt von dort in das Kurzzeitgedächtnis und wird dann im Langzeitgedächtnis abgelegt (siehe nächste Folie). Dieses Modell ist allzu vereinfachend. Empirische Untersuchungen zeigen, dass Information immer schon im Licht vorheriger Erfahrung interpretiert wird und dass es in diesem Prozess viele Rückkoppelungsschleifen gibt. Daraus wurden dann komplexere Modelle der Informationsverarbeitung entwickelt (siehe z.B. das Dämonenmodell oder Modell von Selfridge, Wahrnehmungszyklus von Neisser).
- ökologischer Ansatz (Gibson)
Gibson übte Kritik an der klassischen Wahrnehmungspsychologie, da sie nur unrealistische Situationen testet (immobiler BeobachterInnen, sehr eingeschränkte Reizkonfigurationen). Er geht davon aus, dass sich die menschliche visuelle Wahrnehmung für das Sehen auf dem Erdboden bei aufrechtem Gang entwickelt hat. Der feste Untergrund hat wesentliche Eigenschaften, die ein Bezugssystem für die Wahrnehmung darstellen (z.B. **Textur**). Bewegung spielt eine große Rolle. Wir sehen Dinge immer aus einem anderen Blickwinkel, wenn wir uns bewegen. Trotzdem erleben wir diese Dinge immer als die gleichen Objekte (Invarianz). Durch die Bewegung entsteht ein optisches Flussfeld (**ambient optic array**). Gibson geht davon aus, dass unsere Wahrnehmung unmittelbar ist und sich aus der optischen Anordnung selbst ergibt (im Gegensatz zum Informationsverarbeitungsansatz bzw. dem Konstruktivismus).
Ambient optic array (optisches Flussfeld)
Array: strukturierte Umgebung der BeobachterInnen. Gibson geht davon aus, dass die Umgebung heterogen und differenziert ist. Sie ist nicht leer, sondern gefüllt mit geformten Objekten. Ambient: Die strukturierte Umgebung umschließt die BeobachterInnen vollständig. Die BeobachterInnen nehmen immer einen konkreten Beobachtungspunkt im (ökologischen) Raum ein. Dieser Punkt ist nicht fixiert und statisch, sondern ändert sich dauernd mit der Bewegung. Dadurch ändert sich auch das ambient optic array bzw. der Ausschnitt der Welt, den wir sehen. Aus dem jeweiligen Standpunkt ergibt sich immer ein bestimmter Blickwinkel auf die Objekte. Ein wesentlicher Aspekt bei der Wahrnehmung besteht darin, dass immer wieder Objekte durch andere Objekte verdeckt sind (occlusion).

Dual Coding Theorie (Paivio)

„Wieviele Fenster gibt es in der Wohnung, in der Sie leben?“ Für die Beantwortung dieser Frage werden die meisten Menschen ein geistiges Bild ihrer Wohnung erzeugen und dann untersuchen. Dual Coding Theorie geht davon aus, dass es zwei verschiedenartige Speicher für Gedächtnisinhalte gibt - einen für verbales Material und einen für „images“ (auch auditive, haptische usw. Erinnerungen). Es ist bekannt, dass konkrete Objekte (Hund, Haus, Sonne,...) leichter gemerkt werden können als abstrakte (Wahrheit, Philosophie, Relativitätstheorie,...). Die Dual Coding Theorie meint, dass das daran liegt, dass konkrete Objekte sowohl als Bilder als auch verbal gespeichert werden. Es gibt viele Untersuchungen, die diese Annahme bestätigen.

Präattentive und attentive Prozesse

- präattentive Prozesse
laufen automatisch ab; ohne Einfluss des Bewusstseins; sehr kurzfristig; unmittelbare Bildinterpretation;
- attentive Prozesse
kontrollierte Suche; explizite Verarbeitung, größerer mentaler Aufwand;

Integration von Bild und Text: 5 Arten

- Redundant
Grundsätzlich ist der Inhalt gleich; wesentlichste Ideen werden wiederholt. Redundanz ist v.a. bei Inhalten mit komplexen Inhalten günstig. Bei einfachen Inhalten kann sie aber ärgerlich sein.
- Komplementär
Bei komplementärer Integration von Text und Bild haben sowohl Text als auch Bild einen unterschiedlichen Inhalt. Diese Inhalte ergänzen einander im optimalen Fall. Weder Text noch Bild ist allein verständlich. Beide Darstellungsmodi wirken nur gemeinsam. Das folgende Beispiel stammt aus der Architektur. Es geht um zwei verschiedene Arten der Oberflächen und ihre Eignung dafür, als Dächer zu dienen. Das Diagramm zeigt, dass Oberflächen, die „developable“ sind, dazu tendieren von alleine wieder flach zu werden, während das bei den anderen Oberflächen nicht der Fall ist. Daher eignen sich „nondevelopable surfaces“ besser zur Dachkonstruktion. Text und Bild sind nur in der integrierten Form verständlich.
- Ergänzung
Bei einer ergänzenden Integration von Text und Bild spielt ein Modus die wichtigere Rolle, während der andere Modus unterstützend wirkt. Diese Darstellungsform wird vor allem dann verwendet, wenn bestimmte Punkte ganz besonders hervorgehoben werden sollen. Man kann z.B. ein Bild verwenden, um einen Punkt im Text besonders zu betonen, oder man kann in einer primär bildlichen Darstellung durch verbale Erklärungen bestimmte Elemente besonders hervorheben. Empirische Untersuchungen konnten zeigen, dass solche Hervorhebungen für das Lernen hilfreich sein können.
- Juxtaposition (widersprüchliche Darstellung)
Bei Juxtaposition soll durch die Gegenüberstellung von eigentlich widersprüchlichen Elementen Aufmerksamkeit erregt werden. Dieses Mittel wird häufig in der Werbung verwendet, aber es sind natürlich auch Anwendungen im Unterricht vorstellbar.
- Stage-Setting (Einstimmung auf ein bestimmtes Thema)
Stage-Setting kann dazu dienen, Leute auf ein bestimmtes Thema einzustimmen und einen bestimmten Kontext zu erzeugen. Bei der Gestaltung von Unterrichtsmaterialien wird z.B. häufig empfohlen, „Advance Organizers“ zu verwenden, um am Beginn eines Kapitels den entsprechenden Kontext zu aktivieren und eine Integration des neuen Wissens in das Vorwissen zu ermöglichen.

3. Informationsvisualisierung

Definition Wissenschaftliche Visualisierung beruht auf physischen Daten – der menschliche Körper, die Erde, Moleküle, Phänomene des Wetters usw. Auch wissenschaftliche Visualisierungen können in gewissem Ausmaß auf Abstraktionen beruhen, aber letztlich geht es um die Darstellung räumlicher Phänomene bzw. geometrischer Daten. Abstrakte Phänomene, die für Informationsvisualisierung typisch sind (z.B. Finanzdaten, Ergebnisse wissenschaftlicher empirischer Untersuchungen, usw.) können auch räumlich dargestellt werden. Es gibt aber keine offensichtliche Analogie zu Phänomenen der physischen Welt. In diesem Zusammenhang stellt das Problem, welche Art von räumlicher Darstellung man wählt, um einen Satz abstrakter Daten darzustellen. In Excel kann man z.B. zwischen Liniendiagrammen, Balkendiagrammen, Tortendiagrammen usw. wählen und wird diejenige Darstellungsform aussuchen, die die Daten am besten zum Ausdruck bringen.

Nutzen von Visualisierungen

1. Größere Ressourcen
Kurzzeitgedächtnis kann vergrößert werden große Datenmengen können mit geeigneten Visualisierungen leicht dargestellt werden manche Attribute von Visualisierungen können parallel verarbeitet werden, während Text immer seriell ist.
2. Schnellere Suchprozesse
Gruppierung der Information, hohe Datendichte
3. Verbesserte Mustererkennung
Wiedererkennen statt Erinnern Abstraktion und Aggregation Visuelle Organisation von Daten (z.B. auf einer Zeitachse)
4. Wahrnehmungsmäßige Inferenz
Gleichzeitigkeit von Phänomenen beim Vergleich von zwei Zeitachsen
5. Wahrnehmungsmäßiges Monitoring
Große Datenmengen können überblickt werden, wenn die Visualisierung geeignet organisiert ist.
6. Interaktivität

Multiple Views

North und Shneiderman

„Snap-together visualization: can users construct and operate coordinated visualizations?“ „User-interface designers often coordinate multiple visualizations, taking advantage of the strength of each, to create an even more powerful information exploration environment. This technique is particularly potent when the information is sufficiently complex to require different types of visualizations for different aspects or layers. A simple example interface is Microsoft's Windows Explorer, which employs three visualizations to browse hierarchical file systems: an outliner visualization of the folders, a tabular visualization of the files in the selected folders and a textual visualization of the details of the selected file including a miniature quick-view.“ Grundsätzlich sind Multiple Views vorteilhaft, wenn auch noch nicht ganz klar ist, woran das eigentlich liegt.

Brushing and linking: an exploratory data analysis technique used when displaying a set of data items in multiple visualizations. When users select items in one visualizations, those items are automatically highlighted in all the visualizations.

Overview and detail view: selecting an item in the overview navigates the detail view to the corresponding details. Items are represented visually smaller in the overview. This provides context and allows direct access to details.

Drill down: allows users to navigate down successive layers of a hierarchical database. Selecting a parent item on one visualization loads children items into another visualization. This enables exploring very large-scale data, by displaying aggregates in one visualization and the contents of a selected aggregate in another visualization.

Synchronized scrolling: users can conventionally scroll through multiple corresponding data sets. Multiple Views 2 (types of coordination)

Repräsentation

Unter Repräsentation versteht man die Problemstellung, wie die Eigenschaften abstrakter Daten am geeignetsten dargestellt werden können. Es gibt verschiedene symbolische Repräsentationsformen, die verwendet werden können.

- Größe
- Länge und Höhe

- Vergrößerung
- Gesichter
- Multidimensionale Icons
- Muster
- Farbe
- Virtual Worlds
- Repräsentation

Beispiele für Visualisierungsmethoden

Das System **LinkVis** ist ein Multiple View Tool und besteht aus drei einzelnen Visualisierungstools: Chernoff Faces, Parallelkoordinaten und Scatterplots. Die Chernoff Faces sind besonders auf Anregung der TherapeutInnen des AKH aufgenommen worden, da sie eine emotionale Komponente in die Visualisierung einbringen. Allerdings kann die Darstellung durch die Chernoff Faces u.U. irreführend sein. Scatterplots dienen insbesondere dazu, zwei Variablen miteinander zu vergleichen. Parallelkoordinaten geben einen größeren Überblick über mehrere Variablen bzw. über mehrere Zeitpunkte der Untersuchung. Alle diese Visualisierungsmethoden haben spezifische Stärken und ergänzen einander in der Anwendung. LinkVis ermöglicht insbesondere Linking and Brushing (wenn eine Variable in einer Anwendung ausgewählt ist, wird sie automatisch auch in den anderen Anwendungen hervorgehoben). Dadurch kann man die Darstellung der einzelnen Variablen in den drei Visualisierungen vergleichen. Den drei Visualisierungstools ist ein „Hypothesenbaum“ vorgelagert, der das systematische Testen von Hypothesen ermöglicht.

Stardinates sind eine Visualisierungsmethode, die als geometrischer Glyph beschrieben werden kann. Glyphen sind graphische Objekte, die Daten durch visuelle Parameter (z.B. Größe, Farbe, Position, etc) darstellen. Glyphen können mehrdimensionale Daten darstellen. Bei den Stardinates werden die Achsen, die bei den Parallelkoordinaten parallel angeordnet sind, sternförmig angeordnet. Dadurch wird die Darstellung kompakter. Stardinates entsprechen dadurch eher Gestaltgesetzen wie etwa dem Gesetz der Prägnanz. Auf den Achsen werden Datenwerte aufgetragen. Die entstehenden Kurven können sehr gut interpretiert und auch verglichen werden. Man kann z.B. mehrere Kurven derselben Patientin zu unterschiedlichen Zeitpunkten darstellen und so den zeitlichen Therapieverlauf visualisieren (siehe vorige Folie). Die Stardinates sind interaktiv. Durch Linking und Brushing können z.B. PatientInnen selektiert werden. Sie ermöglichen dadurch interaktive Exploration und das Prüfen von Hypothesen.

Gravi++ versucht, dieselben Probleme zu lösen, wie die vorigen Visualisierungsmethoden. Dabei werden die Variablen in einem Kreis als Pole angeordnet. Alle Variablen üben „Anziehungskräfte“ auf die untersuchten Personen aus. Aus den zusammenwirkenden Anziehungskräften ergibt sich dann die spezifische Position einer Person. Einzelnen Personen oder Personengruppen sind bestimmte Farben zugeordnet. Wichtig für das Verständnis von Gravi++ ist, dass die Positionen keine absoluten Werte angeben sondern immer ein Wechselspiel von Variablen. Die Positionierung der Dimensionen auf dem Kreis ist daher von großer Bedeutung. Eine Umordnung der Dimensionen auf dem Kreis kann gravierende Auswirkungen auf die Position der Versuchspersonen haben. Durch Gravi++ können unter anderem auch Cluster von Versuchspersonen identifiziert werden. Gravi++ hat auch dynamische Komponenten - man kann die Entwicklung verschiedener Variablen über die Zeit visualisieren (auf der vorigen Folien nicht sichtbar).

Fokus/Kontext fehlt noch!