

Informationsvisualisierung

Anspruch und Charakteristika der Forschungsdisziplin

Die Fachdisziplin *Informationsvisualisierung* (*Information Visualization* oder kurz *InfoVis*) hat sich aus der älteren Fachdisziplin *wissenschaftliche Visualisierung* (*Scientific Visualization* oder kurz *SciVis*, oft auch nur als *Visualization* bezeichnet) entwickelt. In beiden Disziplinen besteht das Forschungsziel darin, durch eine computerbasierte Generierung von visuellen Darstellungen aus Daten den Betrachter zu neuen Einsichten und Erkenntnissen zu verhelfen. Daher lautet auch ein bekanntes Zitat von Card et al. „The goal of visualization is insight and not pictures“ (Lit. 01, S. 6).

Der wesentliche Unterschied zwischen *SciVis* und *InfoVis* besteht im Gegenstand der Visualisierung: Die wissenschaftliche Visualisierung steht vor der Aufgabe umfangreiche sensorische Daten (z. B. Erdbeobachtungsdaten aus der Raumfahrt, Daten aus bildgebenden Verfahren in der Medizin, Strömungsdaten von Objekten im Windkanal) so zu visualisieren, dass die jeweiligen Forscher aus der Fülle der Daten die für die jeweilige Fragestellung relevanten Schlüsse ziehen können (z. B. Verteilung der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre, Darstellung von krankhaften Gewebestrukturen im menschlichen Körper, Auftriebsverhalten eines Flugzeugflügels). Die Darstellung erfolgt in der Regel dreidimensional und bildet einen räumlichen Ausschnitt aus der realen Welt ab. Die *SciVis* wird daher auch als eine Teildisziplin der Computergrafik angesehen, da verschiedene algorithmische Verfahren für die korrekte und effiziente Darstellung (*Rendering*) von Volumen, Texturen oder Beleuchtungen eine wichtige Rolle spielen.

In der *InfoVis* sind dagegen die Ausgangsdaten in der Regel abstrakte textuelle oder numerische Daten (z. B. Börsenkurse über die Zeit, wirtschaftliche oder demografische Kennzahlen verschiedener Organisationen, Metadaten von Dokumentensammlungen) sowie Baum- oder Netzwerkstrukturen (z. B. Inhalte hierarchischer Dateisysteme, soziale Netzwerke, Koautorenschaften), die erst durch die visuelle Darstellung überhaupt einer gegenständlichen Betrachtung zugeführt werden können. Aufgrund der wichtigen Rolle von textuellen und abstrakten Daten besteht hier ein enger Zusammenhang zu Fragestellungen aus dem Bereich der Information und Dokumentation.

Die besondere Herausforderung der *InfoVis* besteht darin, die abstrakten Daten durch geeignete visuelle Strukturen für das menschliche Auge erfassbar und in weiterer Folge für das menschliche Verständnis zugänglich zu machen. Die *InfoVis* dient dabei der Unterstützung und Verstärkung menschlicher Kognition (Lit. 01), die insbesondere durch die hohe Bandbreite unserer visuellen Wahrnehmung und unserer effizienten visuellen Mustererkennung in großen Informationsmengen unterstützt wird (Lit. 02). Auf dieser Basis ermöglicht *InfoVis* die schnelle Erkennung von Mustern, Anhäufungen, Lücken und Ausreißern in den Datensätzen großer Datenmengen (Lit. 03).

Referenzmodell der Visualisierung

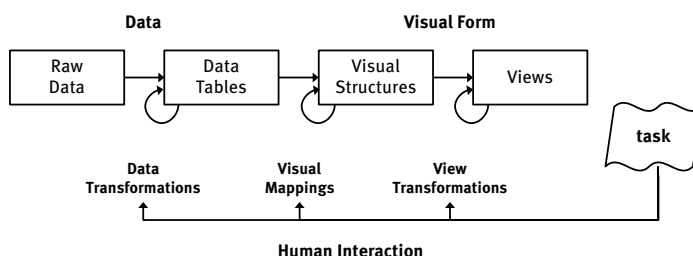


Abb. 1: Referenzmodell der Visualisierung (Lit. 01, S. 17)

Anhand des Referenzmodells der Visualisierung (Abb. 1) von Card et al. (Lit. 01) lassen sich die wesentlichen Fragestellungen und methodischen Vorgehensweisen der Fachdisziplin sehr gut erläutern.

Benutzeraufgabe (Task) und Benutzerinteraktion (Human Interaction)

Bei der Gestaltung einer interaktiven Informationsvisualisierung steht zunächst die zu bewältigende Benutzeraufgabe (*task*) im Zentrum. Anhand dieser Benutzeraufgabe und den Charakteristika der Benutzergruppe, z. B. ob der Benutzer ein Gelegenheitsbenutzer oder Experte ist, kann entschieden werden, welchen Zweck die Visualisierung erfüllen muss und welche Komplexität sie dabei haben darf. Gleichzeitig müssen auch die Art der Daten (z. B. nominal, ordinal oder quantitativ) und deren Anzahl berücksichtigt werden. Die Aufgabe und Daten haben daher beide maßgeblichen Einfluss auf die Gestaltung des *InfoVis* Systems und der grundsätzlichen Interaktionsmöglichkeiten (*human interaction*) des Benutzers, z. B. seiner Möglichkeiten zur Auswahl verschiedener Visualisierungsformen und der darzustellenden Daten über benutzer- und aufgabengerechte Filter- und Interaktionselemente. Deshalb gibt es in Frage der Gestaltung der *InfoVis* enge inhaltliche Querbezüge zu der Fachdisziplin Mensch-Computer-Interaktion (siehe C 6 Mensch-Computer-Interaktion).

Data Transformation: Von Raw Data zu Data Tables

Ausgangspunkt aller Visualisierungen sind die Rohdaten (*raw data*), wie beispielsweise Kollektionen von Textdokumenten, Büchern oder Filmen. Diese Rohdaten können in analoger oder digitaler Form vorliegen. Unabhängig davon werden sie in der Regel erst durch eine Beschreibung anhand von sie charakterisierenden Merkmalen für den Benutzer derartiger Kollektion analytisch verwertbar. Daher werden derartige Merkmale, die auch als Metadaten bezeichnet werden (z. B. Autor, Titel, Erscheinungsjahr, Schlagworte), in sogenannten *data tables* erfasst und digital verwaltet. Vielfach können derartige Metadaten nicht nur durch manuelle Sacherschließung gewonnen werden, sondern können auch dynamisch berechnet bzw. hergeleitet werden (z. B. Ausmaß der Nutzung des Mediums, Relevanz in Abhängigkeit von Suchbegriffen) oder werden von Benutzern während der Nutzung generiert (z. B. Verschlagwortung durch Benutzer mit „User Tags“, Bewertungen, Rezensionen). Daher spielt die *data transformation* von *raw data* in *data tables* nicht nur zum Zeitpunkt der Erstellung einer Visualisierung eine wichtige Rolle, sondern kann auch zu einem späteren Zeitpunkt vom Benutzer durch Interaktion mit der Visualisierung mit Inhalten belegt werden, sofern die entsprechenden Metadaten im Datenmodell vorgesehen sind (z. B. Eingabe von numerischen Bewertungen, textuellen Rezensionen).

Visual Mappings: Von Data Tables zu Visual Structures

Aufgabe des *visual mappings* ist es, die Metadaten, die in *data tables* vorgehalten werden, den verschiedenen visuellen Ausprägungen der verfügbaren visuellen Strukturen (*visual structures*) zuzuordnen. Diese visuellen Strukturen sind die Archetypen der eigentlichen Visualisierungen und definieren die grundsätzliche Art der Informationsdarstellung. Neben einfachen Geschäftsgrafiken (z. B. Torten- oder Balkendiagrammen) kommen hier speziell entwickelte abstrakte Darstellungen zum Einsatz, die mehrere Metadaten gleichzeitig visuell darstellen und miteinander in Beziehung setzen können (z. B. Parallele Koordinaten oder Spinnendiagramm). Das *visual mapping* bestimmt, welche Werte aus den Metadaten welchen visuellen Variablen (z. B. Position, Höhe, Breite, Farbe, Form) der visuellen Strukturen zugeordnet werden. Beispielsweise wird in einem Balkendiagramm das Metadatum Zeit (z. B. eine Jahreszahl) typischerweise auf die horizontale Position eines Bal-

kens abgebildet und ein dazugehöriges Metadatum (z. B. Jahresumsatz) auf die Höhe des Balkens. Die Wahl von expressiven und effektiven visuellen Strukturen und *visual mappings* in Abhängigkeit von den darzustellenden Sachverhalten ist die große konzeptionelle Herausforderung bei der Erstellung von *InfoVis*-Systemen. Dabei ist es die Aufgabe des Systemgestalters von vorneherein aufgaben- und benutzergerechte Visualisierungen und *mappings* anzubieten. Somit kann der Benutzer im Idealfall auf einem Blick erkennen, ob es in den Datenbeständen für ihn interessante Sachverhalte gibt. Durch die Interaktion kann dann der Benutzer im Dialog mit dem System genauer spezifizieren, welche visuellen Strukturen er weiterhin verwenden will oder welche Metadaten aus den *data tables* in der Visualisierung angezeigt werden. Diese Möglichkeiten zur dynamischen Auswahl und Manipulation visueller Strukturen ist essentiell für den Erkenntnisgewinn. Sie begründet die große Bedeutung von *InfoVis* für die interaktive Exploration von Daten und Hypothesengenerierung im Unterschied zu statischen Infografiken und Diagrammen, deren inhaltliche Ausrichtung durch den Gestalter im Vorfeld fest vorgegeben ist.

Als besonders mächtiges interaktives Werkzeug der *InfoVis* sind *dynamic queries* hervorzuheben. Diese erlauben dem Benutzer eine interaktive Filterung der dargestellten Daten nach bestimmten Ausprägungen oder Wertebereichen, die mit einfachen Interaktionselementen wie Schieberegler und Auswahlboxen gewählt werden. Jede kleinste Änderung dieser Kriterien führt dabei zu einer sofortigen Aktualisierung der Visualisierung, so dass der Eindruck einer engen Kopplung und direkten Manipulation der Visualisierung mit den Interaktionselementen entsteht. Dies erlaubt einen flüssigen Dialog zwischen Benutzer und Visualisierung, der die interaktive Exploration großer Datenmengen begünstigt.

View Transformations: Von Visual Structures zu Views

In der Regel wird dem Benutzer auch die Möglichkeit gegeben, die Sicht (*view*) auf die visuellen Strukturen dynamisch zu wählen bzw. zu verändern, z. B. durch eine Zoom-Funktion, die es erlaubt einen bestimmten Ausschnitt eines Diagramms im Detail zu betrachten. Solche Sichten sind nicht statisch, sondern können durch Interaktion gezielt beeinflusst und gesteuert werden. Zum Beispiel blenden andere Varianten eine Art Karteikarte mit allen wichtigen Metadaten zu einem Datenpunkt ein, sobald der Mauszeiger über einen Datenpunkt bewegt wird (*details on demand*). Dies erlaubt insbesondere wiederholte Zyklen des Übergangs von hochaggregierten Übersichtsdarstellungen, die den Gesamtumfang und den Charakter einer gesamten Datenbank auf einen Blick ermöglichen (z. B. Punktdiagramme), zu Detailansichten von kleinen Teilmengen, die einen tiefen Einblick in wenige ausgewählte Objekte (z. B. ausgewählte Dokumente oder Medieninhalte, kleine Benutzergruppen) erlauben. Diese für *InfoVis* typischen Muster der Fokussierung vom Ganzen auf das Detail ist auch als „visual information seeking mantra“ bekannt und wird wie folgt zusammengefasst: „Overview first, zoom and filter, then details on demand“ (Lit. 03, S. 337).

Gängige Arten der Visualisierung

Neben den auch im Bereich der Statistik oder der Wirtschaftswissenschaften sehr weit verbreiteten Geschäftsgrafiken wie Balken-, Linien-, Punkt- oder Tortendiagrammen wurden im Laufe der letzten 25 Jahre in der Forschungsdisziplin Informationsvisualisierung eine Vielzahl von oft sehr speziellen und häufig sehr komplexen Visualisierungen zur Darstellung von abstrakten Sachverhalten entwickelt. Im Folgenden werden einige klassische Beispiele der Informationsvisualisierung dargestellt, um einen Eindruck von der Art der Darstellung zu vermitteln.

Eindimensionale Strukturen: TileBars

Einfachstes Beispiel für eindimensionale visuelle Strukturen sind Zahlen- und insbesondere Zeitstrahlen, wie sie zur Vermittlung geschichtlicher Zusammenhänge oder zur Projektplanung verwendet werden. In ihnen sind Ereignisse anhand des Zeitpunkts ihres Auftretens verortet. Andere eindimensionale Strukturen stellen nicht den Verlauf der Zeit dar, sondern den Verlauf eines Dokuments (z. B. die Zeilen- oder Absatznummer), wie im Falle der *TileBars* (Abb. 2). Für jedes Dokument stellt ein kompaktes Piktogramm dar, wie lang ein Dokument ist, sowie wo und wie oft in einem Dokument die gesuchten Begriffe auftreten.

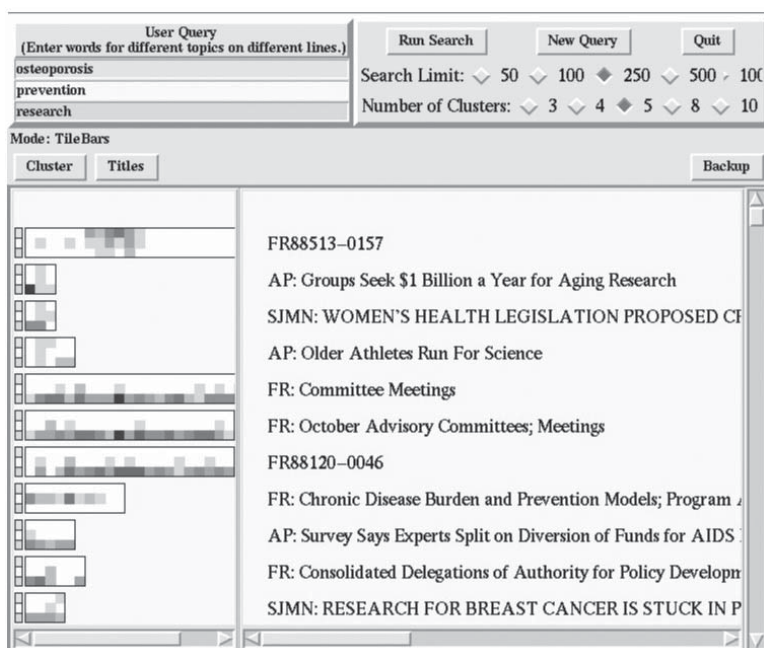


Abb. 2: *TileBars* stellen für jedes Dokument aus einer Suchtrefferliste (rechts) ein dazugehöriges Piktogramm an (links), in dem die Dokumentenlänge visualisiert wird und wo und wie häufig Suchbegriffe auftreten (Lit. 05, S. 255)

Zweidimensionale Strukturen: XY-Punktdiagramme, Tabellen

Punktdiagramme erlauben es, zwei quantitative Daten (z. B. Erscheinungsjahr und Benutzerbewertung eines Films) gegeneinander aufzutragen und erlauben damit vielfältige Möglichkeiten der visuellen Suche, zum Beispiel bei der Suche nach besonders guten Filmen aus einer bestimmten Ära (Lit. 04). Zweidimensionale Strukturen können auch dazu verwendet werden, um nominale Daten (z. B. Autor, Genre) oder ordinale Daten tabellarisch darzustellen, um Häufungen zu identifizieren. Dazu wird jedes Objekt anhand seiner Metadaten einer entsprechenden Tabellenzelle zugeordnet, innerhalb derer die Objekte nach Art und Relevanz gruppiert werden (Abb. 3).

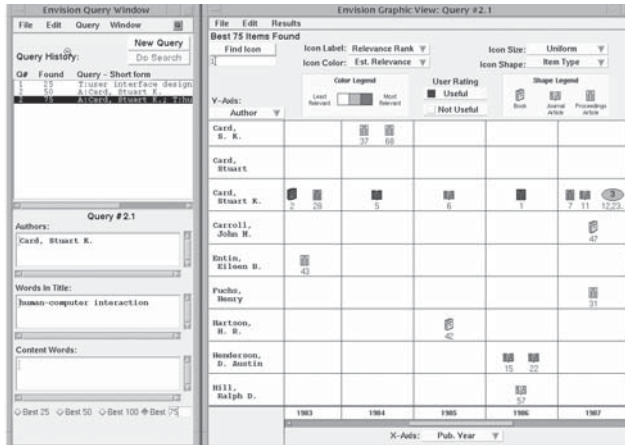


Abb. 3: *Envision* positioniert Dokumente anhand zweier Metadaten in einer Tabellenzelle und gruppiert sie darin nach Art und Relevanz (Lit. 05, S. 244)

Dreidimensionale Strukturen

Dreidimensionale Strukturen (z. B. relief-artige Oberflächen wie in Abb. 4) können dazu verwendet werden, um eine thematische Landkarte einer gesamten Dokumentenkollektion darzustellen. Im Fall von Abb. 4 wurden Schlagwortkombinationen für die häufigsten thematischen Schwerpunkte und Themen aller Dokumente mittels algorithmischer Clusteranalyse identifiziert und anschließend entsprechend ihrer semantischen Nähe auch räumlich in der XY-Ebene angeordnet. Die Höhe der Reliefstruktur auf der Z-Achse ergibt sich aus der Anzahl der enthaltenen Dokumente zu einer Schlagwortkombination.

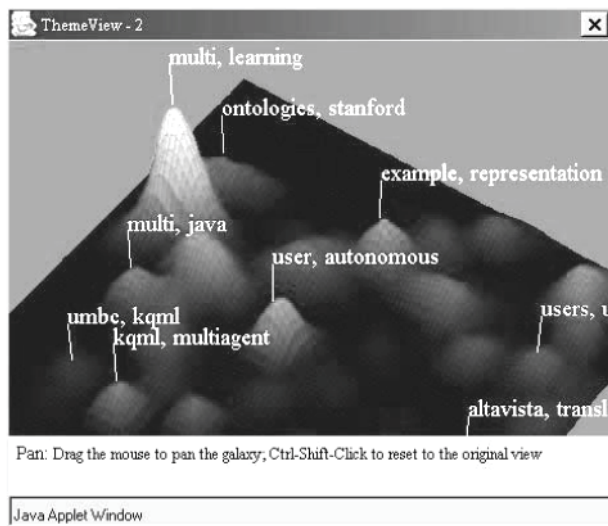


Abb. 4: *ThemeViews* zeigt einen Überblick über die enthaltenen Schlagwortkombinationen einer Dokumentenkollektion (Lit. 05, S. 244)

Multidimensionale Strukturen: Parallele Koordinaten und Spinnennetzdiagramme

Die Projektion hochdimensionaler Daten in ein- bis dreidimensionale Strukturen führt unausweichlich zu einem Informationsverlust und teilweise zu visuellen Artefakten, die unzutreffende Ähnlichkeiten oder Nähe andeuten. Multidimensionale visuelle Strukturen stellen dagegen hochdimensionale Daten präzise in jeder Dimension dar, ohne dass Informationen verloren gehen oder Vergleiche über viele Dimensionen unmöglich werden. Prominente Beispiele für multidimensionale Strukturen sind Parallele Koordinaten (*parallel coordinates*) von Alfred Inselberg (Lit. 06) oder Spinnennetz- oder Sterndiagramme (*spider chart* oder *radar chart*). Dazu werden die quantitative Ausprägungen aller Objekte für jede Dimension an einer eigenen Koordinatenachse aufgetragen. Damit viele Dimensionen gleichzeitig sichtbar werden, werden diese Achsen entweder parallel dargestellt oder sie verlaufen radial von einem Zentrum nach außen. Für jedes enthaltene Objekte werden die Punkte auf den einzelnen Achsen mit Linienzügen verbunden, so dass jedes Objekt als eine Linie durch oder um alle Achsen sichtbar wird.

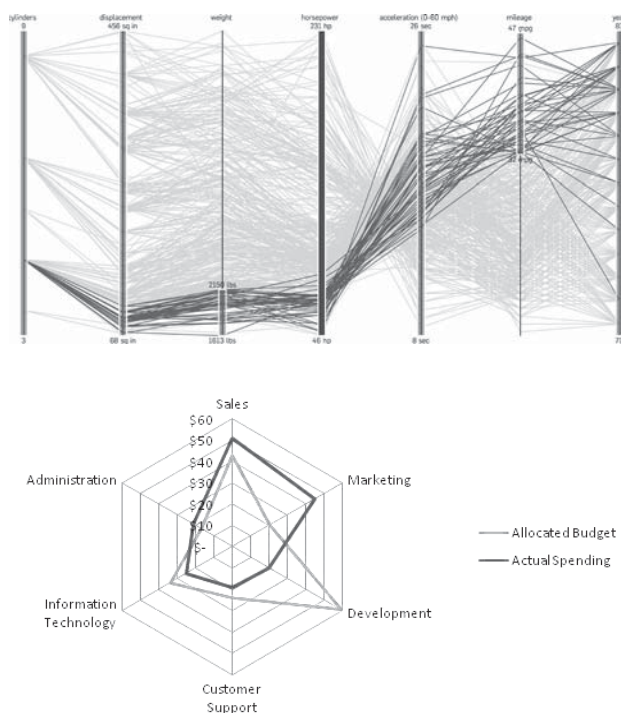


Abb. 5: Oben: *Parallel Coordinates* mit sieben Dimensionen und selektierten Wertebereichen (Lit. 07). Unten: *Radar Charts* mit sechs Dimensionen (Wikipedia.com)

Darstellung von Beziehungen: Netzwerke und Bäume

Gerade im Bereich von Dokumentenkollektionen, sozialen Netzwerken oder in Dateisystemen spielen die hierarchischen Beziehungen oder Netzwerkstrukturen zwischen den Objekten (z. B. zwischen Dokumenten, Konzepten, Personen, Ordnern) eine entscheidende Rolle. Zur Darstellung hierarchischer Beziehungen werden in der *InfoVis* vor allem *tree maps* (Lit. 08) oder hyperbolische Bäume (Lit. 09) verwendet.



Abb. 6: Eine *Tree Map* mit einer Hierarchie der US Basketball Divisions, der jeweiligen Mannschaften in den Divisions und derer Spieler. Die Größe des Rechtecks eines Spielers gibt seine erzielten Punkte und die Farbe seine Anzahl von Foulspielen wieder (im Original farbig)

Tree maps verwenden ineinander geschachtelte Rechtecke, um hierarchische Beziehungen zwischen Objekten und ihren Unterobjekten auszudrücken. Neben der Struktur der Hierarchie können dabei auch zusätzliche Eigenschaften dargestellt werden. So werden z. B. quantitative Metadaten eines Objekts aus der Hierarchie (z. B. Größe in Megabyte, Anzahl enthaltener Unterobjekte, Preis) durch die Größe des jeweiligen Rechtecks flächentreu abgebildet. Genauso können Farben genutzt werden, um andere Ausprägungen der Metadaten besonders hervorzuheben (Abb. 6).

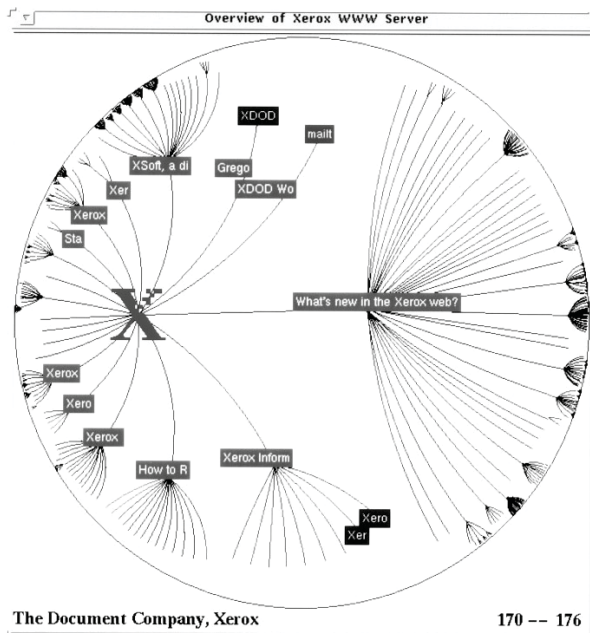


Abb. 7: Die Linkstruktur des Xerox WWW Servers kann als hyperbolischer Baum angezeigt werden. Dabei stehen Knoten für einzelne Webseiten und Kanten für Hyperlinks (Lit. 09, S. 52)

Hyperbolische Bäume (*hyperbolic trees*) nutzen die Eigenschaften der hyperbolischen Geometrie aus, um eine große Anzahl von hierarchischen Elementen und ihren Kindern als gekrümmte Strukturen in einer zweidimensionalen Ebene abbilden zu können (Abb. 7). In der zentralen Region der Darstellung entsteht dabei ein Fokusbereich, in dem das aktuelle Element und seine Kinder sichtbar werden, während im Randbereich die Darstellung gestaucht wird und nur noch die groben Strukturen sichtbar sind. Dieser natürliche Fokus- und Kontext- oder Fischaugen-Effekt des hyperbolischen Baums kann auch für die Darstellung von Netzwerken genutzt werden.

InfoVis und Infowiss

Im Folgenden sollen die Bezüge zwischen den Disziplinen der Informationsvisualisierung und der Informationswissenschaft (*Infowiss*) anhand zweier Aspekte näher charakterisiert werden.

Information als gemeinsamer Rohstoff

Der Gegenstand der wissenschaftlichen Betrachtung ist sowohl in der *Infowiss* als auch in der *InfoVis* der gleiche – in beiden Fällen geht es in der Regel um abstrakte Daten, die erst durch einen Benutzer bzw. Betrachter für den jeweiligen Nutzungskontext zur Information werden können. Die *InfoVis* kann in diesem Prozess der Transformation von Daten zur Information eine wichtige und hilfreiche Rolle spielen, in dem sie den Benutzer beispielsweise Zusammenhänge in digitalen Dokumentensammlungen sichtbar macht (z. B. „Welche Dokumente sind thematisch ähnlich?“) oder das Erkennen von Mustern durch eine multidimensionale Betrachtung verschiedener Metadaten unterstützt (z. B. Häufungen im zeitlichen Verlauf, Auffälligkeiten in der Verteilung der Relevanz in Bezug zu Suchbegriffen oder Facetten, Häufungen an bestimmten Entstehungsorten, hervorstechende Autoren aufgrund vielfältiger Koautorenschaften). Es ist daher kein Zufall, dass sich Ben Shneiderman als einer der Begründer und Vordenker der Fachdisziplin *InfoVis* viele Jahre intensiv mit Fragestellungen aus dem Bereich der *Information Science* beschäftigt hat (z. B. Unterstützung der Recherche in digitalen Bibliotheken der Library of Congress) und daraus maßgebliche Inspirationen zur Entwicklung visueller Informationssysteme erfahren hat, z. B. *FilmFinder* (Lit. 04). Derartige visuelle Recherchesysteme spielen auch heute noch eine wichtige Rolle im Bereich der *InfoVis* (siehe unten) und haben sicher den unmittelbarsten Bezug zur *Infowiss*.

Wissensverarbeitung als gemeinsamer Fokus

Genauso wie in der *Infowiss* werden in der Forschungsdisziplin *InfoVis* Modelle des Wissensverarbeitungsprozesses und der Transformation von Daten zu Wissen behandelt. Dabei liegt der Schwerpunkt auf dem Beitrag, den Visualisierungen zur Steigerung der Erkenntnisfähigkeit leisten. Beispielweise stellt Reiterer (Lit. 10) ein solches Modell in der Tradition der Disziplin Informationswissenschaft auf, wie dessen explizite Benutzer- und Aufgabenorientierung zeigt: Der Zweck aller interaktiven Visualisierungen besteht darin, den Betrachter bei der Durchführung von wissensintensiven Aufgabenstellungen zu unterstützen. Solche Aufgaben werden von Stuart Card als *Knowledge Crystallization Tasks* bezeichnet (Lit. 11). Dabei wird oft ein komplexes und schwer formalisierbares Ziel verfolgt (z. B. das Schreiben eines wissenschaftlichen Beitrages, die Durchführung einer Investitionsentscheidung, die Auswertung von Kundendaten zur Ableitung von Marketingmaßnahmen), das nicht mittels der einfachen Abarbeitung eines sequentiellen Arbeitsprozess erreicht werden kann. Stattdessen ist die Beschaffung und iterative Auswertung von umfangreichen Datenbeständen erforderlich, wie z. B. Recherchen im Web oder in digitalen Bibliotheken, die Analyse großer Unternehmensdatenbanken oder die Auswertung von umfangreichen Logdateien der

Webnutzung. Die Ergebnisse der Auswertung finden ihren Niederschlag in einem Wissensprodukt (z. B. einem wissenschaftlichen Artikel), in einer Entscheidung (z. B. konkrete Investitionsentscheidung die Anlage A zu beschaffen) oder in einer Reihe von Aktionen (z. B. Veranlassen von kundenspezifischen Marketingmaßnahmen). Das Modell gliedert den Wissensverarbeitungsprozess grob in vier Phasen (Lit. 10):

- Informationsbeschaffung (*acquire information*): Beispielsweise die Suche in bzw. das Überwachen von meist sehr großen Datenbeständen.
- Auswertung und Aufbereitung der Daten (*make sense of it*): Beispielsweise das Zusammenführen verschiedener Datenquellen, das Finden eines Auswertungsschemas, das Abbilden der beschafften Daten in das Auswertungsschema, die Extraktion von Information aus den Daten.
- Erstellen eines neuen Wissensartefakts (*create something new*): Beispielsweise einen wissenschaftlichen Beitrag oder ein Buch, eine Entscheidungstabelle für eine Investitionsentscheidung, einen Aktionsplan.
- Weiterverarbeitung des Wissensartefakts (*act on it*): Beispielsweise das Halten eines Referates über einen wissenschaftlichen Beitrag oder ein Buch, Weiterleiten einer Entscheidungstabelle via E-Mail an die Entscheidungsträger.

In all diesen Phasen können Visualisierungen dem Benutzer eine wertvolle Hilfestellung bieten. So können beispielsweise in der Phase der Informationsbeschaffung die thematischen Schwerpunkte einer digitalen Bibliothek oder die Topographie eines Ausschnittes des Internets visualisiert werden (ähnlich zu Abb. 4). Die Auswertung und Aufbereitung der Daten, die Erstellung von Wissensartefakten sowie die Weiterverarbeitung dieser Artefakte kann durch eine Reihe weiterer Visualisierungen unterstützt werden. Beispielsweise kann durch den Einsatz von visuellen Metaphern der Zugriff auf die beschafften Daten effizienter gestaltet werden, zumal im Laufe der Zeit hier große Mengen an jedem Arbeitsplatz eines Benutzers anfallen. So werden beispielsweise im *Web Forager* die Ergebnisse einer Suche im Internet bzw. Intranet als 3D WebBook dargestellt (Lit. 12). Der Benutzer kann in diesem digitalen Buch, das wiederum die Suchergebnisse automatisch verschiedenen thematischen Kategorien zuordnet, wie in einem physischen Buch blättern. Thematisch zusammengehörige Suchergebnisse können in einem Buchregal abgestellt werden (für jedes Suchergebnis ein Buch). Die Bücher und das Regal können frei im Raum platziert werden (z. B. wichtigere Artefakte weiter vorne, unwichtigere weiter hinten). Weiterhin spielen im *Web Forager* sogenannte visuelle Wissenswerkzeuge (*visual knowledge tools*) eine wichtige Rolle. Dabei handelt es sich um spezielle Werkzeuge, die vor allem bei der Auswertung und Aufbereitung von Daten helfen, indem sie bestimmte visuelle Strukturen anbieten, die beispielsweise einen schnellen Vergleich von Daten oder das Erkennen von Ähnlichkeiten bzw. Besonderheiten innerhalb eines Datenbestandes ermöglichen.

Aktuelle Entwicklungen in der InfoVis

Die im Folgenden beschriebenen aktuellen Entwicklungstrends in Bereich *InfoVis* haben großen Einfluss auf den zukünftigen Umgang mit Information.

Neue Interaktionsformen

Wie im obigen Modell der *InfoVis* gezeigt, spielt die Möglichkeit zur Interaktion des Benutzers mit den Daten, den visuellen Strukturen sowie den verschiedenen Sichten eine zentrale Rolle. Gerade der von Shneiderman propagierte Ansatz der Kombination von *dynamic queries* mit expressiven visuellen Darstellungen hat dabei zu einer neuen Qualität der Interaktion mit Information geführt.

Die grundlegenden Prinzipien des außerordentlich erfolgreichen Paradigmas der „direkten Manipulation“ (Lit. 13) aus der Mensch-Computer-Interaktion wurden hier auf die Interaktion mit Visualisierungen übertragen. Das hochdynamische Verhalten der Visualisierungen ermöglicht dem Benutzer dabei ein rasches und reversibles Ausprobieren verschiedener Anfragen an die Daten und er bekommt gleichzeitig ein unmittelbares Feedback über die Konsequenzen seines Tuns (Lit. 04).

In den letzten Jahren zeichnet sich ein verstärkter Trend zur konsequenten Umsetzung dieser Interaktionsform mittels neuer Ein-/Ausgabemöglichkeiten ab (z. B. Multi-Touch Tische mit physischen Elementen als *tangible user interfaces* bzw. TUIs). Dies erfolgt insbesondere unter dem Eindruck der zunehmenden Wichtigkeit „weicher“ Faktoren in der Mensch-Computer-Interaktion, wie z. B. ein positives Benutzungserlebnis (*user experience*) oder die Erreichung eines „Flow“-Zustands, weshalb nicht mehr nur die Zielerreichung, sondern auch ästhetische Gestaltung und Spaß bei der Benutzung eines Systems zentral sind (Lit. 14). Weiterhin beruht dies auf den Erfolgen grundlegend neuer Paradigmen für die Modellierung und Gestaltung der Mensch-Computer-Interaktion, wie z. B. *embodied interaction*, *reality-based interaction* oder *natural user interfaces*. Die Benutzer solcher visueller Informationssysteme erwarten heute nicht nur eine auf einen Benutzer fokussierte Interaktion mit Maus und Tastatur, sondern wollen als Gruppe vor Displays unterschiedlichster Größe (z. B. großen Bildschirmwänden, interaktiven Tischen, mobilen Tablet PCs oder Smartphones) gleichzeitig und gleichberechtigt mittels unterschiedlicher Modalitäten (z. B. Touch, TUI, Sprache, Zeigegesten, Stift, Augen, Bewegung des Körpers im Raum) interagieren. Bisher ist die Anzahl der diesen umfassenden Interaktionsparadigma folgenden Informationsvisualisierungen allerdings noch übersichtlich und auf Forschungsprototypen beschränkt.

Lee et al. thematisieren die neuen Möglichkeiten für die Gestaltung von *InfoVis* Systemen (Lit. 15). Dazu zählt die Überwindung der bisherigen Fixierung auf Maus und Tastatur als Eingabegeräte, größere Freiheiten bei der Formulierung von Anfragen durch Einsatz multimodaler Interaktionsformen (z. B. Sprache, handgezeichnete Skizzen, TUIs zur freien Konfiguration in Gruppen), die stärkere Berücksichtigung von sozialer Interaktion von Benutzergruppen (z. B. durch Mehrbenutzer-Displays mit Multi-Touch), die stärkere Orientierung an realweltlichen Interaktionskonzepten (z. B. durch zweihändige Interaktion per Touch und Stift), damit auch Gelegenheitsbenutzer Nutzen aus Visualisierungen ziehen können sowie die stärkere Berücksichtigung des Benutzerverhaltens während der Entwicklung von Visualisierungen.

Visuelle Recherchesysteme als *InfoVis* für Jedermann

Der Trend zur wachsenden Bedeutung der Interaktion im Bereich der *InfoVis* erfährt maßgebliche Verstärkung durch die zunehmende Bedeutung von visuellen Recherchesystemen. Letztere gewinnen im Lichte der jährlich dramatisch wachsenden digitalen Datenbestände (z. B. im Web, in digitalen Bibliotheken oder Produktkatalogen) zunehmend an praktischer Relevanz. Das Problem des Suchen und Findens in großen Datenräumen ist heute kein Problem mehr, welches nur wenige Informationsspezialisten betrifft, sondern es ist für viele Benutzer zu einem Alltagsproblem geworden. Dementsprechend gehören heute Suchmaschinen zu den am häufigsten genutzten Anwendungen und die Qualität der Darstellung der Suchergebnisse bzw. die Möglichkeit zum freien Erkunden von großen Datenbeständen im Sinne des Browsens haben großen Einfluss darauf, ob man etwas und vor allem was man findet. Die bisherige starke Orientierung der *InfoVis* an Expertenbenutzer (z. B. Analysten in Banken, Versicherungen, statistischen Behörden, Sicherheitsbehörden, Bibliothekaren) ist durch eine zunehmende Berücksichtigung von Gelegenheitsbenutzern als wichtige Zielgruppe ergänzt worden.

Aktuelle Beispiele derartiger visueller Recherchesysteme, die auf modernen Interaktionskonzepten basieren, werden hier exemplarisch vorgestellt. Abb. 8 zeigt ein visuelles Recherchesystem für mobile Endgeräte, das ein Punktdiagramm mit semantischem Zoom, einer sogenannten „Fish Eye“-Linse und *dynamic queries* kombiniert (Lit. 16).

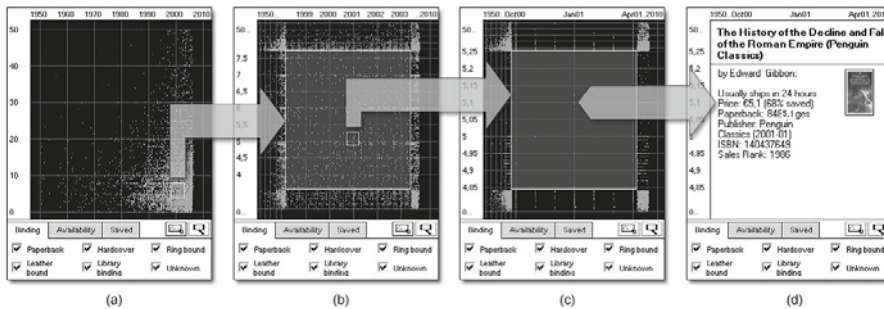


Abb. 8: Kombination aus *dynamic queries*, semantischem Zoom und einer Fish-Eye-Linse, um einen Buchkatalog auf einem Mobilgerät zu explorieren (Lit. 16)

Abb. 9 zeigt das System *MedioVis*, welches mittels einer zoombaren Tabelle eine integrative Sicht auf unterschiedlichste Daten und Anwendungen bietet und über mächtige Filter- und Visualisierungskonzepte verfügt und diese mit einem semantischen Zoom in die Zellen der Tabelle kombiniert (Lit. 17). Abb. 10 zeigt einen interaktiven Tisch mit *SearchTokens* (Lit. 18), die eine auf gewichteten Stichworten basierende Suche mittels eines TUIs ermöglichen und damit auch mehreren Benutzern die gemeinsame Recherche gestatten. Abb. 11 zeigt das *Facet-Streams* System (Lit. 19), das eine facetierte Exploration großer Datenbestände in einer Gruppensituation unterstützt und dabei auf eine Kombination aus (be-)greifbarer Interaktion mit TUIs und einer visuellen *filter/flow* Repräsentation (Lit. 20) setzt.



Abb. 9: *MedioVis* nutzt eine zoombare Tabelle, die verschiedenste Informationsquellen und -dienste in einer Anwendung visuell integriert (Lit. 17)

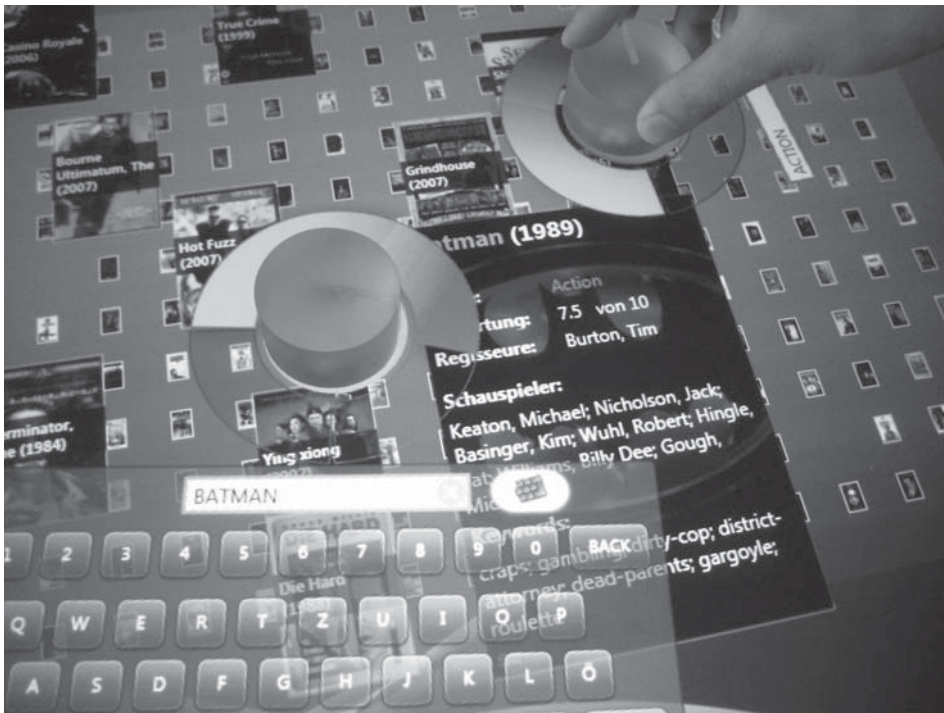


Abb. 10: Physische *SearchTokens* erlauben es mehreren Benutzern Suchbegriffe einzugeben und mittels *weighted boolean logic* zu gewichten (Lit. 18)



Abb. 11: *Facet-Streams* erlauben die kollaborative facettierte Suche in Produktkatalogen durch eine Kombination von TUIs und *InfoVis* (Lit. 19)

Von InfoVis zu Visual Analytics

Auch die Fachdisziplin *InfoVis* folgt in den letzten Jahren verstärkt dem Trend der Interdisziplinarität und kombiniert unter dem Schlagwort *visual analytics* Erkenntnisse aus unterschiedlichen Forschungsdisziplinen (Lit. 02). Ziel dieser Integration ist es vor allem, den Bereich der Erkenntnisgewinnung (*sensemaking & reasoning*) verstärkt zu adressieren. *Visual analytics* umfassen dabei im wesentlichen drei Gestaltungsfelder: Analyse, Visualisierung und Interaktion.

Im Bereich der Analyse kommen nicht nur klassische Verfahren des *information retrieval* (IR) zum Einsatz (Lit. 21), sondern vor allem Verfahren aus dem Bereich *data mining* und *machine learning* (Lit. 22). Die Fülle der heute verfügbaren Daten ermöglicht über statistische Verfahren und Methoden der Künstlichen Intelligenz häufig sehr aussagekräftige Muster und Trends automatisch zu erkennen und Erklärungen hierfür zu liefern (z. B. durch verschiedene Arten von Clusteranalysen, *self-organizing maps*, *association rules*, *deviation analyses*). Diese automatischen Auswertungen können in Kombination mit expressiven Visualisierungen der klassischen *InfoVis* eine wesentlich schnellere Einsicht in interessante Sachverhalte ermöglichen, als dies bisher ohne Einsatz derartiger Verfahren des *data mining* und *machine learning* der Fall war.

Im Bereich der Visualisierung werden verstärkt Erkenntnisse aus dem Bereich der Perzeptionsforschung berücksichtigt, um den visuellen und kognitiven Prozessen der menschlichen Informationsverarbeitung besser gerecht zu werden. Colin Ware (Lit. 23) fasst den Stand der Forschung sehr gut zusammen. Neben den klassischen Gestaltgesetzen der kognitiven Psychologie werden hier vor allem die Farbwahrnehmung, visuelle Suchprozesse beim Betrachten eines Displays und Mechanismen zur Aufmerksamkeitssteuerung (z. B. *preattentive processing*), der Prozess der Objekterkennung, die räumliche Wahrnehmung, die Wort- und Bilderkennung sowie die Bedeutung von Gesten untersucht bis hin zu den kognitiven Prozessen der Problemlösung beim Einsatz von Visualisierungen.

Im Bereich der Interaktion werden die vorgestellten Erkenntnisse sowie aktuelle Ergebnisse der MCI-Forschung dazu genutzt, die Qualität der Interaktion zu steigern.

Durch das Kombinieren solcher Forschungsergebnisse aus den Bereichen IR, *data mining*, *machine learning*, Perzeptionsforschung, Visualisierung und MCI entstanden in den letzten Jahren eine Reihe von Systemen, die eine umfassende Auswertung großer Datenbestände in bisher nicht gekannter Qualität ermöglichen.

Narrative Visualisierungen in den Massenmedien

Es ist nicht unumstritten, wie erfolgreich die Fachdisziplin *InfoVis* bisher wirklich war. So schreibt Marti Hearst in ihrem grundlegenden Werk „Search User Interfaces“, in dem sie auch auf den Einsatz von Visualisierungen zur Unterstützung des Rechercheprozesses eingeht (Lit. 05, S. 234f): „... applications of visualization to general search have not been widely accepted to date, and few usability results are positive.“ Ein Indiz für die nach wie vor sehr zurückhaltende Nutzung von Visualisierungen stellt auch die konventionelle Ergebnisdarstellung in verbreiteten Suchmaschinen im Web wie beispielsweise in Google oder Bing dar: Es werden nur einfache Listen genutzt, elaborierte Visualisierungen, wie man sie seit vielen Jahren aus der *InfoVis*-Forschung kennt, finden sich kaum in heutigen Recherchesystemen. Selbst moderne Katalogsysteme im Bibliotheksbereich wie beispielsweise das von der Bibliothek der Universität Konstanz eingesetzte System *KonSearch* nutzen nur eine einfache Liste zur Ergebnisdarstellung. Der Einsatz elabrierter Visualisierungen wie sie in der Forschung entwickelt wurden, z. B. Punktdiagramme oder *parallel coordinates* ist auch heute noch nur in Expertenwerkzeugen wie *TIBCO Spotfire* oder *Tableau* zu finden.

Published: February 2, 2010

Budget Forecasts, Compared With Reality

Just two years ago, surpluses were predicted by 2012. How accurate have past White House budget forecasts been?

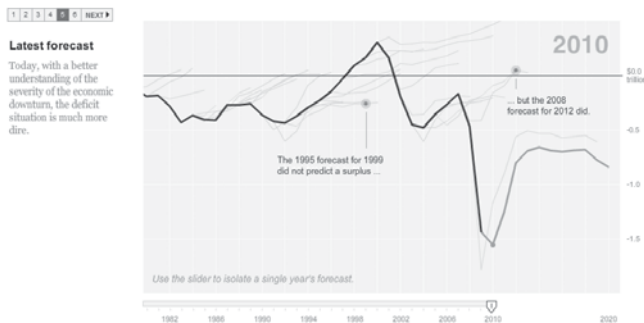


Abb. 12: Narrative Visualisierung als Bestandteil eines Artikel über Budgetprognosen der New York Times (Lit. 07)

Diese durchaus berechtigte Kritik wurde in den letzten Jahren auch von Seiten der Forscher im Bereich der *InfoVis* adressiert und es zeigt sich, dass man dem einerseits durch den verstärkten Einsatz von Methoden und Techniken aus anderen Forschungsdisziplinen Rechnung tragen möchte, andererseits wird verstärkt an auch für Gelegenheitsnutzer verständlichen Visualisierungen gearbeitet. Typisches Beispiel sind die in den letzten Jahren im Journalismus verstärkt zum Einsatz kommenden „narrativen Visualisierungen“ (Lit. 07). Es handelt sich dabei um anschauliche und auch für den Laien verständliche interaktive Visualisierungen, die in einen Bericht oder Essay eingebettet sind. Zeitungen wie The New York Times, The Washington Post oder The Guardian machen davon zunehmend Gebrauch (Abb. 12). Damit können auch für den Laien oft komplexe Sachverhalte (z. B. Vergleich von Budgetprognosen und deren Entwicklung über die Zeit) anschaulich gemacht werden. Die Visualisierung folgt einer narrativen Erzählstruktur, um auf besonders relevante Fakten hinzuweisen und nutzt Animationen, um die Möglichkeiten der Interaktion mit den Visualisierungen zu veranschaulichen. Am Ende der Narration wird die Kontrolle an den Benutzer übergeben, so dass er nun selbst aktiv werden und weitere interessante Sachverhalte selbst erkunden kann. Hier entwickelt sich aufgrund der sich veränderten Informationsgewohnheiten vieler Zeitungsleser ein interessantes Forschungsgebiet für die nächsten Jahre.

Literatur

- 01 Card, S.K.; J.D. Mackinlay; B. Shneiderman: Information visualization. Readings in information visualization, K.C. Stuart, D.M. Jock, and S. Ben (editors). 1999, Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1-34
- 02 Thomas, J.J.; K.A. Cook: Illuminating the path: the research and development agenda for visual analytics. 1st ed. 2005: National Visualization and Analytics Ctr.
- 03 Shneiderman, B.: The Eyes Have It: A Task by Data Type Taxonomy for Information Visualizations. Proceedings of the 1996 IEEE Symposium on Visual Languages 1996, IEEE Computer Society, 336
- 04 Ahlberg, C.; B. Shneiderman: Visual information seeking using the FilmFinder. Conference companion on Human factors in computing systems 1994, ACM: Boston, Massachusetts, United States, 433-434
- 05 Hearst, M.: Search user interfaces. 2009, Cambridge; New York: Cambridge University Press. xviii, 385 S., 12 S. of plates
- 06 Inselberg, A.: Multidimensional detective. Proceedings of the 1997 IEEE Symposium on Information Visualization (InfoVis '97) 1997, IEEE Computer Society, 100-107
- 07 Heer, J.; B. Shneiderman: Interactive dynamics for visual analysis. Commun. ACM, 2012, 55 (4), 45-54

- 08 Johnson, B.; B. Shneiderman: Tree-Maps: a space-filling approach to the visualization of hierarchical information structures. Proceedings of the 2nd conference on Visualization '91, 1991, IEEE Computer Society Press: San Diego, California, 284-291
- 09 Lamping, J.; R. Rao: The hyperbolic browser: a focus + context technique for visualizing large hierarchies. Readings in information visualization, K.C. Stuart, D.M. Jock, and S. Ben (Editors). 1999, Morgan Kaufmann Publishers Inc., 382-408
- 10 Reiterer, H.: Visuelle Exploration digitaler Datenbestände. Knowledge Media Design – Theorie, Methodik, Praxis, M. Eibl, et al. (Editors). 2006, Oldenbourg: München, 373-407
- 11 Card, S.: Information visualization. The Human Computer Interaction Handbook, J.A. Jacko and A. Sears (Editors). 2008, Lawrence Erlbaum Associates, Inc: Mahwah, NJ, USA, 509-543
- 12 Card, S.K.; G.G. Robertson; W. York: The WebBook and the Web Forager: an information workspace for the World-Wide Web. Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems: common ground 1996, ACM: Vancouver, British Columbia, Canada, 111ff
- 13 Shneiderman, B.: Direct manipulation: a step beyond programming languages. IEEE Computer, 1983, 57-69
- 14 Elmqvist, N. et al.: Fluid Interaction for Information Visualization. Information Visualization, 2011, 10 (4), 327-340
- 15 Lee, B. et al.: Beyond Mouse and Keyboard: Expanding Design Considerations for Information Visualization Interactions. To appear: Transaction on Visualization and Computer Graphics, 2012, 18 (12)
- 16 Thorsten, B.: User Interaction with Scatterplots on Small Screens – A Comparative Evaluation of Geometric-Semantic Zoom and Fisheye Distortion. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 2006, 12, 829-836
- 17 Heilig, M. et al.: MedioVis: visual information seeking in digital libraries. Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces 2008, ACM: Napoli, Italy, 490-491
- 18 Heilig, M. et al.: Hidden details of negotiation: the mechanics of reality-based collaboration in information seeking. Proceedings of the 13th IFIP TC 13 international conference on Human-computer interaction – Volume Part II, 2011, Springer-Verlag: Lisbon, Portugal, 622-639
- 19 Jetter, H.-C. et al.: Materializing the query with facet-streams: a hybrid surface for collaborative search on tabletops. in Proc. CHI '11 (Honorable Mention Paper Award). 2011. ACM
- 20 Young, D.; B. Shneiderman: A graphical filter/flow representation of Boolean queries: a prototype implementation and evaluation. J. Am. Soc. Inf. Sci., 1993, 44 (6), 327-339
- 21 Baeza-Yates, R.A.; B. Ribeiro-Neto: Modern Information Retrieval, 1999: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 513
- 22 Berthold, M.R. et al.: Guide to Intelligent Data Analysis: How to Intelligently Make Sense of Real Data, 2010. Springer Publishing Company, Incorporated, 397
- 23 Ware, C.: Information Visualization: Perception for Design. 2004, Morgan Kaufman